

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON

- MEDECINE -

U. E. R. LYON-NORD

Année 1978 - N° 33

**LES DEGRÉS DE LIBERTÉ ARTICULAIRE
DU MEMBRE SUPÉRIEUR (MAIN EXCEPTÉE)**

LEUR HIÉRARCHIE FONCTIONNELLE

**Suggestions d'applications prothétiques
et médico-légale**

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 2 Février 1978

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Christine PELLERIN-CHEDEVILLE née GIRAUD

le 7 Septembre 1951

à LYON 4° (Rhône)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554219_0005

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON

- MEDECINE -

U. E. R. LYON-NORD

Année 1978 - N°

**LES DEGRÉS DE LIBERTÉ ARTICULAIRE
DU MEMBRE SUPÉRIEUR (MAIN EXCEPTÉE)
LEUR HIÉRARCHIE FONCTIONNELLE
Suggestions d'applications prothétiques
et médico-légale**

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 2 Février 1978

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Christine PELLERIN-CHEDEVILLE née GIRAUD

le 7 Septembre 1951

à LYON 4° (Rhône)

UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON

- MEDICINE -

U. E. R. LYON-NORD

Année 1972 - 1973

LES DEGRES DE LIBERTE ARTICULAIRE
DU MEMBRE SUPERIEUR (MAIN EXCEPTÉE)
LEUR HIERARCHIE FONCTIONNELLE
Suggestions d'applications thérapeutiques
et médico-légales



THÈSE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

et soutenue publiquement le 2 Février 1973

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

par

Christophe PELLERIN-CHÉDEVILLE née GIRARD

le 7 Septembre 1981

à LYON 4 (France)

— UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I —

Président de l'Université	M. le Professeur D. GERMAIN
Vice Président	M. le Professeur E. ELBAZ
Deuxième Vice Président	M. B. ROUSSET
Troisième Vice Président	M. R. LOPEZ
Secrétaire Général	M. RAMBAUD

UNITES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE DE L'UNIVERSITE :

Médecine :	
GRANGE BLANCHE	M. le Docteur B. SALLE (MCA)
ALEXIS CARREL	M. le Professeur R. MORNEX
SUD-OUEST	M. le Professeur J. NORMAND
LYON NORD	Directeur : M. le Docteur J.P. NEIDHARDT
	Directeur honoraire : M. le Professeur A. BERTOYE
Biologie Humaine	M. le Docteur J.P. REVILLARD (MCA)
Techniques de Réadaptation	M. le Docteur A. MORGON (MCA)
Sciences Pharmaceutiques	M. le Professeur BIZOLLON
Sciences Odontologiques	M. le Docteur R. VINCENT
Institut régional d'éducation physique et sportive ..	Président du conseil d'UER : M. le Professeur R. GUILLET,
	Directeur M. A. MILLON
Mathématiques	M. le Professeur E. COMBET
Physique	M. le Professeur J. DELMAU
Chimie et Biochimie	M. le Professeur J. HUET
Sciences de la Nature	M. le Professeur R. GINET
Sciences Physiologiques	M. le Professeur J.F. WORBE
Institut Universitaire et Technologie n°1	M. le Professeur B. POUYET
Institut Universitaire et Technologie n°2	M. J. GALLET (Directeur ENSAM)
Observatoire	M. M. MONNET (Astronome Adjoint)
Physique Nucléaire	M. le Professeur GUSAKOW
Mécanique	M. le Professeur G. COMPTE-BELLOT.



Examineurs de la thèse :

Président : Monsieur le Professeur L. ROCHE

Assesseurs : Monsieur le Professeur F. TOLOT
Monsieur le Professeur agrégé J.J. COMTET
Monsieur le Professeur agrégé L.P. FISCHER
Monsieur le Docteur D. MAZOYER

A MON MARI,

A MA FILLE,

A MON FILS,

A MES PARENTS,

A TOUTE MA FAMILLE,

A MES AMIS,

*Ils m'ont apporté tout au long de mes études
leur aide et leur soutien.*

A NOTRE PRESIDENT DE THESE,

MONSIEUR LE PROFESSEUR L. ROCHE,

*Il nous a fait le grand honneur d'accepter la
présidence de cette thèse. Qu'il veuille bien trouver
ici l'expression de notre reconnaissance et de notre
profond respect.*

A NOS JUGES,

MONSIEUR LE PROFESSEUR agrégé TOLON,

Nous le remercions vivement d'être parmi nos juges, nous le remercions également pour son enseignement en médecine du travail.

MONSIEUR LE PROFESSEUR agrégé COMTET,

Nous sommes très sensible à l'honneur qu'il nous a fait de juger ce travail. Nous tenons à lui exprimer nos respectueux remerciements.

MONSIEUR LE PROFESSEUR agrégé FISCHER,

Nous avons apprécié son accueil et ses conseils avisés, nous le remercions beaucoup pour sa participation à notre jury.

MONSIEUR LE DOCTEUR MAZOWER,

Il nous a inspiré le sujet de cette thèse. Ses conseils, son accueil bienveillant nous ont guidée, stimulée dans l'élaboration de ce travail. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre profonde gratitude et de notre respectueuse considération.

Aux médecins du Centre de réadaptation fonctionnelle des Massues :

MONSIEUR LE DOCTEUR STAGNARA P.

MONSIEUR LE DOCTEUR MAZOYER D.

MONSIEUR LE DOCTEUR BIOT B.

MONSIEUR LE DOCTEUR PONCET C.

MADAME LE DOCTEUR VAUZELLE C.

MONSIEUR LE DOCTEUR de MAUROY J.C.

A l'équipe des kinésithérapeutes,

et à tout le personnel du Centre de réadaptation fonctionnelle des Massues.

Tous nous ont accueillie avec beaucoup de sympathie et nous ont aidée avec gentillesse. Nous les en remercions chaleureusement.

A MONSIEUR LE DOCTEUR BERTHOLON,

A MONSIEUR LE DOCTEUR BRESSON,

A MADAME LE DOCTEUR DALIGAND L.

*Je les remercie encore pour leur accueil et l'aide
qu'ils m'ont apportée pour ce travail.*

P L A N

INTRODUCTION

I - DEFINITION ET RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES

A - Définitions

- 1 - L'articulation
- 2 - Le degré de liberté articulaire
- 3 - L'articulation et le segment
- 4 - Le mouvement - Le geste

B - Rappels anatomo-physiologiques

- 1 - Position anatomique. Position de référence. Amplitudes angulaires.
- 2 - Le complexe articulaire de l'épaule
- 3 - Le coude
- 4 - La prosupination
- 5 - Le poignet

II - PROTOCOLE D'EXPERIMENTATION

III - EXPERIMENTATION

A - Les blocages articulaires

- 1 - L'épaule
 - a) position de blocage
 - b) moyen de contention
- 2 - Le coude
 - a) position de blocage
 - b) moyen de contention

- 3 - La prosupination
 - a) position de blocage
 - b) moyen de contention
- 4 - Le poignet
 - a) position de blocage
 - b) moyen de contention

B - Les suppléances

- 1 - Les compensations rachidiennes
- 2 - Les compensations par la flexion des membres inférieurs
- 3 - Les compensations par les autres articulations du membre homolatéral
- 4 - Les suppléances du membre controlatéral
- 5 - Quelques critiques sur les suppléances

C - Considérations sur les aides techniques

IV - LE CHOIX DES GESTES

A - Critères de choix

- 1 - L'importance vitale
- 2 - La nécessité d'une indépendance
- 3 - L'importance sociale

B - Les gestes retenus

- 1 - Nutrition
- 2 - Hygiène
- 3 - Habillage
- 4 - Action sur l'environnement

C - Critiques sur le choix des gestes

V - RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION

A - Lecture des tableaux

B - Résultats

- 1 - Etude des blocages articulaires isolés
 - a) Hiérarchie fonctionnelle
 - b) Hiérarchie des difficultés gestuelles
- 2 - Etude des blocages articulaires multiples
 - a) Hiérarchie des difficultés gestuelles et des articulations
 - b) Données numériques d'impossibilités gestuelles
- 3 - Considérations sur les degrés de liberté antagonistes pour les articulations se mouvant autour d'un point o

VI - APPLICATIONS PROTHETIQUES

- A - Rappels sur la prothétisation du membre supérieur amputé
 - 1 - Amputation, origine, niveaux, statistiques
 - 2 - L'appareillage courant
 - 3 - L'appareillage sophistiqué
 - 4 - Les résultats de la prothétisation
- B - Ce que suggère la comparaison de notre expérimentation avec les données précédentes
 - 1 - L'expérience clinique
 - 2 - Notre expérimentation
 - 3 - Restitutions articulaires actives dans les prothèses actuelles
- C - Conséquences pratiques pour la création d'une prothèse active fiable
 - 1 - Cas d'un amputé de bras conservant un moignon mobile
 - a) niveau épaule
 - b) niveau coude
 - c) appareil terminal
 - 2 - Cas d'un désarticulé de bras
 - a) restitution mécanique de l'épaule et du coude
 - b) problème de la commande motrice

VII - QUELQUES CONSIDERATIONS DANS LE DOMAINE DE LA MEDECINE LEGALE ET DE LA MEDECINE DU TRAVAIL

A - Domaine médico-légal

1 - Nos résultats

2 - Barèmes d'IPP

3 - Réflexions sur le parallélisme "Résultats-Barèmes"

4 - Conclusions

B - Domaine de la médecine du travail

CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE

I N T R O D U C T I O N

L'importance des handicaps du membre supérieur est grande. Les chirurgiens, les orthopédistes, les centres de réadaptation fonctionnelle sont quotidiennement confrontés aux problèmes qu'ils posent.

Les étiologies variées de ces handicaps pourraient être classées en trois grands domaines :

1/ - Les traumatismes : ils sont dus principalement aux accidents de la circulation, du travail ou des sports. Ils aboutissent fréquemment à des lésions nerveuses périphériques ou radiculaires (atteinte du plexus brachial, des nerfs circonflexes ou sus-scapulaires par exemple), à des déficits articulaires (blocages), à des lésions musculaires ou tendineuses, voire à des amputations. Non négligeables en nombre également, sont les atteintes centrales, cérébrales ou médullaires avec leurs séquelles : spasticité, tétraplégie ou paraplégie.

2/ - La pathologie neurologique médicale : atteintes vasculaires (hémiplésies surtout), atteintes neurotropes (polynévrites par exemple), et avec une fréquence moindre, atteintes neuromusculaires (myodégénérescences, poliomyélites antérieures aiguës).

3/ - Les malformations congénitales à tous les niveaux du membre.

Ces étiologies entraînent :

- soit une déformation osseuse ou articulaire,
- soit un manque - c'est l'amputation plus ou moins complète -
- soit un trouble de la commande volontaire.

Le handicap survient à deux niveaux :

- soit au niveau de l'organe effecteur : la main ou troisième segment ou segment distal du membre supérieur

- soit au niveau du support de cet effecteur c'est-à-dire les segments brachial (ou premier segment ou segment proximal) et antibrachial (ou deuxième segment ou segment intermédiaire). Ce support, en effet, intervient pour localiser la main dans un quadrant de l'espace en vue d'une action déterminée.

Cette intervention suppose à la fois :

- une distance couverte par les segments 1 et 2
- des angulations multiples entre les trois segments d'une part, entre le premier segment et la ceinture scapulaire d'autre part.

Les problèmes cliniques posés sont nombreux, qu'ils soient :

- post-chirurgicaux (cicatrisation d'un moignon d'amputation, enraidissement articulaire en attitude vicieuse, ou encore choix d'une position fonctionnelle optimale d'arthrodèse).

- ou liés à l'appareillage des déficits résiduels.

Il est non moins important de considérer les problèmes humains et l'ampleur du retentissement social de ces handicaps du membre supérieur. Ces handicapés seront, en effet, la plupart du temps gênés, voire même complètement empêchés dans les actes de leur vie quotidienne, chez eux comme dans leur travail.

La réadaptation fonctionnelle pour ces sujets, tend à leur réintégration dans la vie sociale, issue idéale pour une vie acceptable. Ce but conduira à fournir à ces handicapés par la rééducation, et éventuellement par un appareil à commande simple, la possibilité d'accomplir au moins les gestes les plus élémentaires et les plus indispensables de la vie courante, pour une relative mais souhaitable autonomie. Il est bien évident que, dans une étape ultérieure, la complète réintégration sociale passera par l'entraînement aux gestes professionnels.

Dans les cas simples, segments, articulations, commande motrice sont présents ou récupérables. Dans les cas plus graves (amputation, atteinte neurologique centrale, malformations importantes) l'aide d'un appareillage est requise (orthèses, prothèses ou aides-techniques).

Cependant, dans le domaine particulier de l'amputé du membre supérieur

particulièrement de l'amputé haut (au-dessus du coude) la surveillance clinique au long cours faite sur un certain nombre de cas, montre que la prothèse à visée fonctionnelle est habituellement un échec.

Il vient à l'esprit de s'interroger sur les raisons de ces échecs de l'appareillage et d'envisager si pour les plus démunis des patients, la restitution gestuelle par l'appareil ne pourrait pas viser d'abord à rétablir quelques-uns des gestes les plus nécessaires (gestes de "survie" en quelque sorte). Ainsi s'est développée l'idée d'une enquête qui partirait de l'activité gestuelle de la vie courante du sujet sain et d'un essai d'évaluation qualitative d'un certain nombre de ces gestes : évaluation de leur condition mécanique minimum d'efficience et de leur possibilités de suppléances. Cette étude permettrait ainsi de connaître le rôle propre de chaque articulation du membre supérieur dans les gestes usuels, de voir si toutes sont également fondamentales et sinon de proposer entre elles, une hiérarchie fonctionnelle que devrait préférentiellement restituer l'appareillage.

Par ailleurs, la constatation clinique du succès relatif de la main prothétique très simple (HOOK par exemple) chez l'amputé bilatéral d'avant-bras à côté de l'insuccès habituel du même appareil effecteur chez l'amputé unilatéral (et à fortiori bilatéral) de bras, nous a persuadés qu'il fallait absolument porter nos efforts sur l'étude des segments supports de la main et non sur la main elle-même.

Il nous semble que certaines remarques sur les conditions fonctionnelles gestuelles peuvent déborder le cadre de l'amputation et de l'appareillage qui leur a donné naissance et peuvent être utiles dans d'autres domaines notamment médecine légale et médecine du travail.

Notre travail comprend trois parties principales :

1/ - la détermination d'un choix gestuel ;

2/ - l'évaluation des conditions mécaniques minima de réalisation des gestes retenus, suppléances comprises (les expérimentations afférentes seront résumées en tableaux) ;

3/ - les conséquences pratiques en appareillage d'amputations, en droit médico-légal et en médecine du travail.

C H A P I T R E I

DEFINITIONS ET RAPPELS

ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES

Ce chapitre nous a paru nécessaire pour bien préciser les termes et le cadre exact de notre étude.

(9, 10, 12, 18, 21, 30, 39, 48, 50, 51, 55).

A - DEFINITIONS

1/ - L'articulation : c'est la jonction de deux pièces squelettiques avec "contact de deux surfaces de glissement cartilagineuses", pour les articulations vraies ou articulations mobiles (par exemple humérus et glène). Le terme s'est étendu aux "articulations" fausses ou syssarthroses ou encore articulations physiologiques qui sont de simples espaces de glissement (l'exemple typique est la scapulo-thoracique).

Il est également de langage courant de considérer l'articulation comme un ensemble fonctionnel : nous parlons ainsi de "l'articulation" de l'épaule qui est en fait un complexe articulaire de cinq articulations élémentaires.

2/ - Le degré de liberté articulaire :

D'après STEINDLER (55) une articulation possède un degré de liberté, si elle est le siège de mouvements se déroulant dans un plan seulement à partir de la position zéro. Les surfaces articulaires jouant entre elles, orientent le segment sous-jacent dans l'espace.

Nous avons ainsi pour le membre supérieur sept degrés de liberté articulaire (main non comprise) :

- . trois pour l'épaule :
 - antérétropulsion dans le plan sagittal
 - abduction-adduction dans le plan frontal
 - rotation interne-externe dans le plan horizontal ou transverse
- . un pour le coude : flexion-extension
- . un pour l'avant-bras : pro-supination
- . deux pour le poignet :
 - la flexion-extension
 - l'inclinaison radiale-cubitale ou abd-adduction.

3/ - L'articulation et le segment

L'articulation entraînant toujours le segment sous-jacent, sera considérée comme faisant fonctionnellement partie intégrante de ce segment (l'épaule par exemple fait partie du premier segment).

Il est à noter de plus pour l'épaule qu'elle est à cheval entre deux pièces squelettiques d'origine embryologique différente, humérus d'une part, clavicule et omoplate d'autre part. Ces dernières ne dépendant pas du bourgeon ectodermique du membre supérieur. Ainsi la fonction déborde l'embryologie comme elle déborde l'anatomie.

4/ - Le mouvement - le geste

Dans la littérature il est rarement fait de distinction entre geste et mouvement. Pour SHERRER (51) "les mouvements s'expriment par la mise en jeu harmonieuse d'un nombre varié de segments corporels" et les gestes sont "des activités motrices qui ne provoquent pas de déplacement d'ensemble du corps. On désigne en général par geste celles qui impliquent la participation de la main et du membre supérieur".

Afin qu'il n'y ait pas d'ambiguïté par la suite, nous avons retenu pour notre part, que le mouvement est un déplacement segmentaire isolé et que le geste peut être considéré comme un ensemble de déplacements segmentaires concomitants ou séquentiels dans un but fonctionnel.

B - RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES

1/ - Position anatomique - position de référence ou "position zéro" - amplitudes angulaires.

Déjà en 1952, MERLE D'AUBIGNE (39) proposait un système de cotation de l'amplitude des mouvements articulaires. Plusieurs auteurs ont repris ces notations notamment KAPANDJI. Nous avons personnellement emprunté la récente nomenclature internationale de RUSSE (50) qui ne diffère des précédentes pratiquement que par sa présentation.

La position anatomique pour le membre supérieur correspond :

- dans le plan sagittal : au bras pendant le long du corps, axe de l'avant-bras situé dans le prolongement de celui du bras, la main se trouvant en supination complète.
- dans le plan frontal : à un axe de l'avant-bras (main en supination) formant avec celui du bras, un angle obtus d'environ 170° ouvert en dehors, appelé cubitus valgus physiologique plus ou moins marqué suivant les individus.

Les positions "neutres" ou "zéro" pour la plupart des articulations correspondent à la position anatomique. C'est à partir d'elles que sont mesurées les amplitudes angulaires.

Notons encore, avant d'envisager chaque articulation successivement, qu'il y a trois plans de base : sagittal (S), frontal (F), transverse (T) (ou horizontal). Les rotations et la prosupination seront notées (R). Trois chiffres, en général, caractérisent les amplitudes articulaires : le premier chiffre concerne soit l'extension, soit les mouvements s'éloignant du corps, le deuxième est le chiffre (0) correspondant à la position neutre et le troisième chiffre représente la flexion ou les mouvements se rapprochant du corps.

2/ - Le complexe articulaire de l'épaule

Il comporte cinq articulations dont trois sont des articulations vraies : scapulohumérale
acromioclaviculaire
sternocostoclaviculaire

et deux articulations physiologiques :

- sous-deltoïdienne
- scapulothoracique.

La position neutre de l'épaule correspond à la position bras ballant le long du corps.

Rappelons les amplitudes angulaires :

. dans le plan sagittal (S)

- rétropulsion : 45°
- antépulsion : 180° (en trois temps : 0° à 60° scapulohumérale, 60° à 120° scapulothoracique, sternocostoclaviculaire et acromioclaviculaire, de 120° à 180° la participation du rachis est nécessaire).
Soit S $45-0-180$.

. dans le plan frontal (F)

- abduction 180° (de 0° à 90° scapulohumérale, 90° à 150° scapulothoracique, 150° à 180° participation du rachis avec inclinaison latérale et hyperlordose lombaire). Il est à noter que certains auteurs (INMAN) (26) pensent qu'il faut être moins systématique et que la sternocosto-claviculaire et la scapulothoracique interviennent plus précocement.
- il n'y a pas d'adduction isolée. Combinée à une antépulsion elle peut atteindre 30° à 45° , à une rétropulsion elle est très faible.
(Notons qu'intervient alors un deuxième degré de liberté).
Soit F $180-0-45$.

. dans le plan horizontal

Pour mesurer correctement l'amplitude de rotation il faut que le coude soit fléchi à 90° sinon on tend à rajouter la prosupination.

- rotation externe : 60°
- rotation interne : 90° environ (à laquelle peuvent se rajouter 5° si à la rotation est associée une rétro ou antépulsion de l'épaule).
Soit R $60^{\circ}-0-90^{\circ}$.

Les mouvements ci-dessus décrits étaient des mouvements plans simples effectués à partir de la position zéro. On peut décrire ces mouvements dans d'autres plans en prenant une autre position de référence. Prenons par exemple comme position de référence une abduction de l'épaule de 90° le coude étant fléchi à 90° nous

aurons alors :

- . dans le plan horizontal transverse
 - antépulsion-adduction (ou flexion horizontale ou adduction horizontale) : 135° portant le bras vers l'avant.
 - rétropulsion-abduction (ou extension horizontale ou abduction horizontale) : 45° .

T 45-0-135.
- . dans le plan sagittal
 - rotation externe (l'avant-bras se dirige vers le haut : 90°)
 - rotation interne (portant l'avant-bras vers le bas : 90°).

R 90-0-90.

3/ - Le coude

Il comprend deux articulations : l'huméro-cubitale et l'huméro-radiale. La position neutre du coude correspond à la position anatomique. Les amplitudes angulaires sont mesurées dans un plan sagittal avec :

- flexion active 145° (passive 160°)
- l'extension théorique n'existe pas si ce n'est chez les hyperlaxes (5 à 10°) notamment chez les enfants, les femmes et chez certains patients (atteints d'hémimélie transverse partielle par exemple).

S 10-0-145.

4/ - La prosupination

Nous l'étudions séparément bien qu'il faille la rattacher au coude par la radiocubitale supérieure et au poignet par la radiocubitale inférieure.

La position neutre correspond au bras collé au corps, coude fléchi à 90° , paume de la main tournée vers l'intérieur pouce vers le haut.

On a alors :

- supination : 90°
- pronation : $80-85^{\circ}$

d'où R 90-0-80.

5/ - Le poignet

Il comprend deux articulations : la radiocarpienne et la médiocarpienne. La position zéro est obtenue lorsque l'axe du troisième doigt et l'axe de l'avant-bras sont alignés (paume de la main en avant en position anatomique).

Les deux degrés de liberté articulaire ont pour amplitude :

. dans le plan frontal

- adduction 30° (inclinaison cubitale)
- abduction 20° (inclinaison radiale)

soit F 20-0-30

. dans le plan sagittal

- extension : 50°
- flexion : 60°

soit S 50-0-60.

Les mouvements de circumduction de l'épaule et du poignet n'ont pas été étudiés car résultant des mouvements combinés de plusieurs degrés de liberté articulaire.

C H A P I T R E I I

P R O T O C O L E D ' E X P E R I M E N T A T I O N

- A - Chacun des sept degrés de liberté articulaire du membre supérieur dominant (ici chez un droitier) sera isolément annulé.
- B - La réalisation d'une même suite de gestes choisis sera essayée dans chacun des cas. Les possibilités de suppléance homolatérale seront admises, la participation du membre controlatéral ne sera admise que pour les gestes bilatéraux demandant habituellement l'usage des deux mains. Nous ne ferons pas intervenir d'aide technique. La main est supposée totalement fonctionnelle.
- C - Si l'un des gestes testés s'avère impossible dans ces conditions nous en concluons que le degré articulaire annulé est fondamental pour sa réalisation.
- D - Ainsi pourra se dessiner pour l'ensemble des gestes retenus une hiérarchie des libertés articulaires en fonction du nombre de gestes empêchés pour chaque blocage isolé.
- E - Ultérieurement les degrés de liberté seront annulés en groupe de nombre croissant jusqu'à épuisement des combinaisons, les essais gestuels identiques étant poursuivis ; cette deuxième partie de l'expérience nous apportera quelques compléments d'information. Le nombre total de blocages groupés possibles pour les sept degrés de liberté articulaire est noté en algèbre combinatoire par :

$$\sum_{n=1}^7 C_7^n$$

(lu "somme pour n allant de 1 à 7 des combinaisons de 7 éléments pris n par n").

où n représente le nombre de degrés de liberté bloqués et varie de 1 à 7,

et C_7^n le nombre de combinaisons de 7 éléments pris n par n.

On rappelle la formule donnant le nombre de combinaisons de p éléments pris n par n.

$$C_p^n = \frac{p!}{n! (p-n)!}$$

avec $p! = p (p-1) (p-2) \dots \times 3 \times 2$

(p ! est lu "factorielle p")

$$\text{donc ici pour } p = 7 : C_7^n = \frac{7!}{n! (7-n)!}$$

$$\text{d'où pour } n = 1 \text{ degré bloqué } C_7^1 = 7$$

$$2 \quad " \quad " \quad C_7^2 = 21$$

$$3 \quad " \quad " \quad C_7^3 = 35$$

$$4 \quad " \quad " \quad C_7^4 = 35$$

$$5 \quad " \quad " \quad C_7^5 = 21$$

$$6 \quad " \quad " \quad C_7^6 = 7$$

$$7 \quad " \quad " \quad C_7^7 = 1$$

soit au total $\sum_{n=1}^7 C_7^n = 127$ combinaisons de blocages possibles pour chaque geste retenu.

F - Nous verrons plus loin que l'on a étudié 27 gestes usuels. Nous aurons par conséquent à envisager $127 \times 27 = 3\,429$ cas.

C H A P I T R E III

E X P E R I M E N T A T I O N

A - LES BLOCAGES ARTICULAIRES (ou annulations des degrés de liberté)

Compte tenu du grand nombre d'expérimentations, les moyens utilisés ont été simples, accessibles à quiconque voudrait nous contrôler. Il ne sera pas de ce fait fourni de croquis ni de représentation cinématographique des séquences gestuelles pour chaque étape expérimentale. Les résultats apparaîtront dans des tableaux.

Nous décrirons pour chaque articulation :

- a. la position de blocage
- b. le moyen de contention choisi.

1/ - L'épaule

- a) - Il existe dans la littérature des positions de blocage dites fonctionnelles. Rappelons par exemple la position de fonction définie par KAPANDJI (29) 45° d'antépulsion, 60° d'abduction, le bras étant en rotation indifférente. Proche est la position d'arthrodèse chirurgicale optima retenue par le traité de CAMPBELL (15) 20° d'antépulsion (flexion), 50° d'abduction vraie, 25° de rotation interne. Pour nous le problème est différent. Nous voulons annuler le degré dans la totalité de son amplitude et nous bloquerons l'épaule dans la position zéro ci-dessus décrite.
- b) - Pour la contention, il a été conçu un appareil en plastique moulé avec jeu d'un système de charnières métalliques, permettant

soit un blocage isolé, soit des blocages combinés de chacun des degrés de liberté de l'épaule. Les blocages pourront également être associés avec des blocages du coude et du poignet (photos 1, 2, 3 et 4).

Cet appareil a plus été considéré comme un "guide" que comme un appareil très fiable.

2/ - Le coude

- a) - Classiquement comme pour l'épaule, il existe une position d'arthrodèse chirurgicale (15) correspondant au blocage du coude à 90° avec prosupination indifférente. Quand l'arthrodèse chirurgicale doit être bilatérale, les chirurgiens préfèrent les positions à 65° d'un côté et 110° de l'autre car offrant plus de possibilité gestuelle au patient. Dans la thèse de ROUSSE (47) il apparaît bien que sur le plan fonctionnel, un blocage à 70° permet les gestes loin du corps, à 120° au contraire les gestes près du corps et du visage. Il est décrit également : un secteur essentiel de fonction du coude entre 80° et 110° utilisable grâce aux compensations de l'épaule, de la colonne cervicale, du poignet et de la main, un secteur utile entre 30° et 120° et deux secteurs de luxe de 0° à 30° et de 120° à 145° .

Ces rappels ont été faits car s'est posé pour nous le problème du choix du blocage dans une position favorable. La position de référence en extension complète, éliminait d'emblée les possibilités de gestes près du corps. C'est pourquoi nous avons, eu égard aux considérations ci-dessus citées, choisi comme position de fonction du coude le blocage à 90° (art. radio-cubitale supérieure libre).

- b) - Pour les blocages isolés du coude nous avons utilisé une gouttière plâtrée fermée par velcro (photo n° 5).

3/ - La prosupination

- a) - La position de blocage choisie est la position neutre (paume tournée en-dedans, pouce dirigé vers le haut, dans un plan sagittal).
- b) - La contention s'est faite par plastiques moulés au niveau des radiocubitales inférieure et supérieure reliés entre eux par

une barre métallique (photo n° 4).

4/ - Le poignet

- a) - Le poignet a été bloqué en rectitude (l'articulation radio-cubitale inférieure est laissée libre).
- b) - Les mouvements inclinaison radiale et cubitale ont été empêchés par des attelles latérales fixées sur support plâtré, l'adduction-abduction par des attelles dorsales et palmaires également montées sur support plâtré (photo n°6).

B - LES SUPPLÉANCES

N'étant pas dans le cadre d'une étude physiologique des gestes comme celle d'ARCADIO (2) nous admettrons certaines suppléances. Le handicapé les mettra en jeu d'ailleurs souvent inconsciemment.

Qu'appelle-t-on suppléance ou compensation ? C'est une façon d'utiliser le membre supérieur différente de celle du geste spontané. Or, ce geste spontané n'est finalement qu'un acquis de l'éducation de l'enfant dont on peut penser seulement qu'il vise à l'économie des forces. Il nous a d'ailleurs fallu, tant les gestes sont "automatiques" apprendre à redécomposer les gestes, à réinventer de nouveaux circuits pour aboutir aux buts fixés.

Le geste spontané peut cependant être un peu différent selon les sujets. Il n'y a pas de geste absolument fixé en amplitude articulaire. Il n'y a que des "fourchettes angulaires" utilisées de façon moyenne (cf. les schéma d'ENGEN chez plusieurs sujets pour le même geste) (58).

Il faut noter d'ailleurs que l'acquis de l'enfance est également tempéré par les habitudes sociales. Ainsi il y a une façon de tenir sa cuillère qui est vraisemblablement autant conventionnelle qu'économique.

L'efficacité de ces suppléances sera variable d'un individu à l'autre car elles dépendent de l'ingéniosité, de l'habileté et de la souplesse du sujet et bien évidemment de l'importance de son handicap. Ceci introduit dans notre expérimentation une variable que nous ne pouvons nier mais qui n'affecte sans doute pas les résultats énoncés.

Les suppléances dans notre expérimentation ont été limitées au rachis, aux membres inférieurs et aux articulations du membre homolatéral.

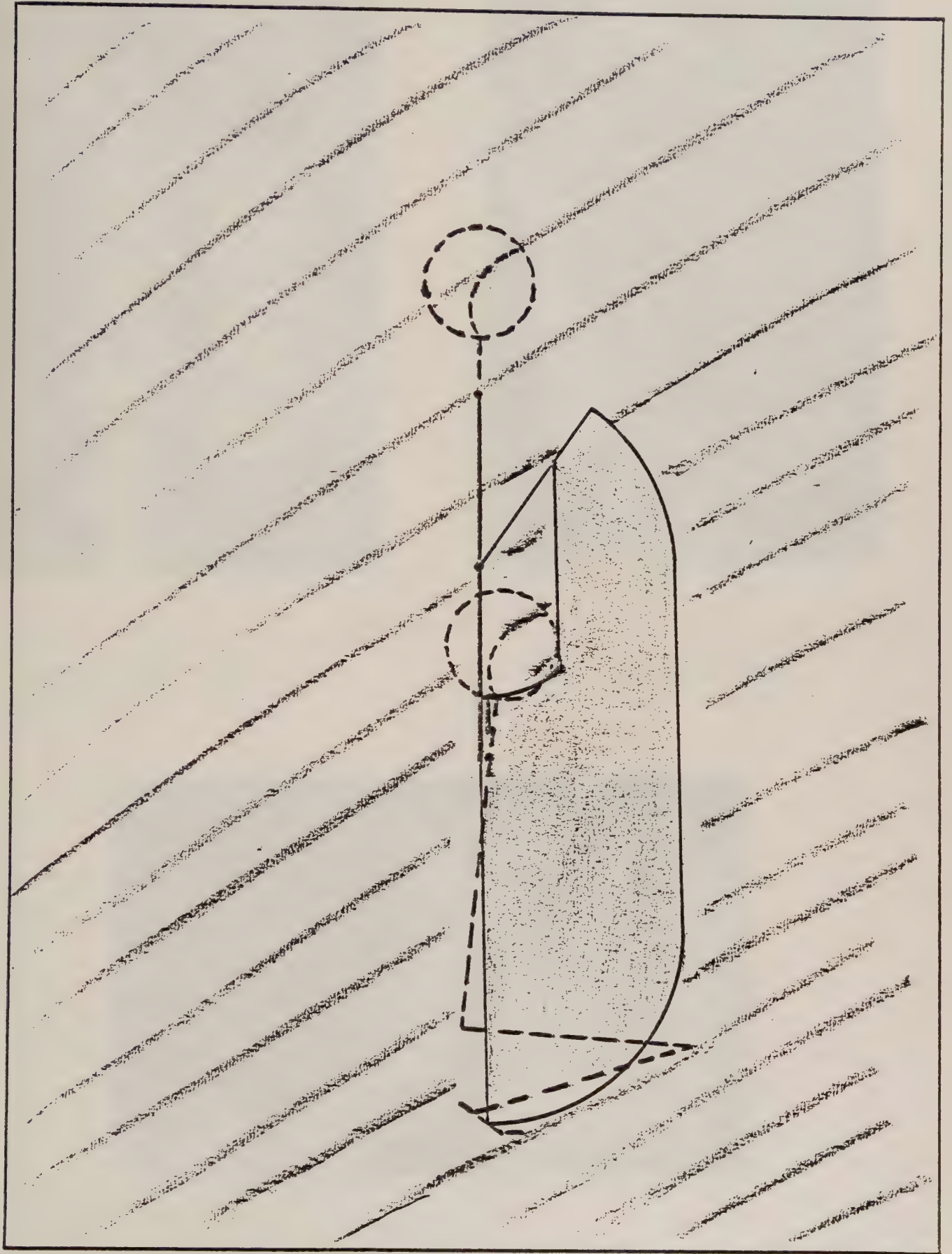




Photo n° 1

Appareil d'épaule et de coude

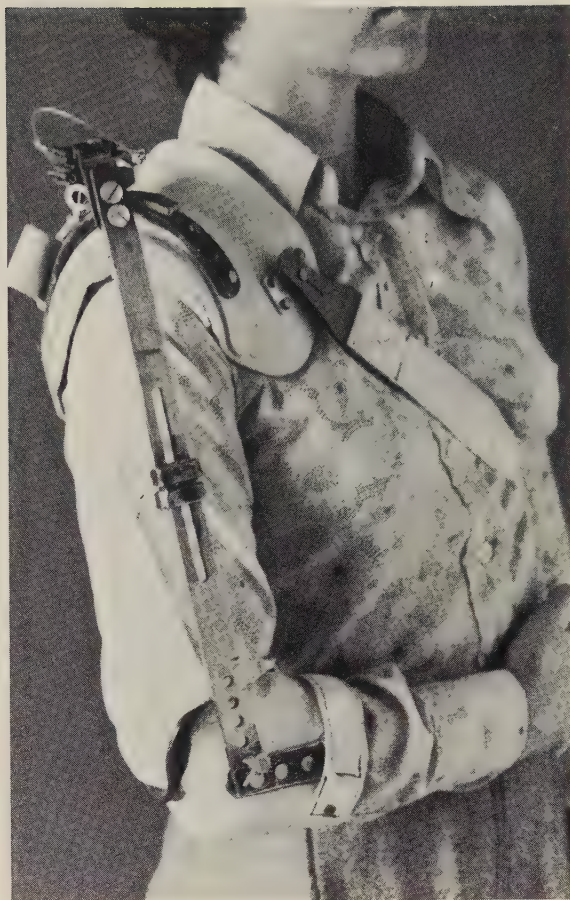


Photo n° 2

Rotation interne



Photo n° 3

Rotation externe



Photo n° 4

Epaule bloquée - Coude bloqué à 90° et prosupination bloquée en position neutre



Photo n° 5

- (1) Blocage coude 90°
- (2) Blocage coude 90° pouvant s'associer au blocage de la prosupination ci-contre

(1)

(2)

(3)

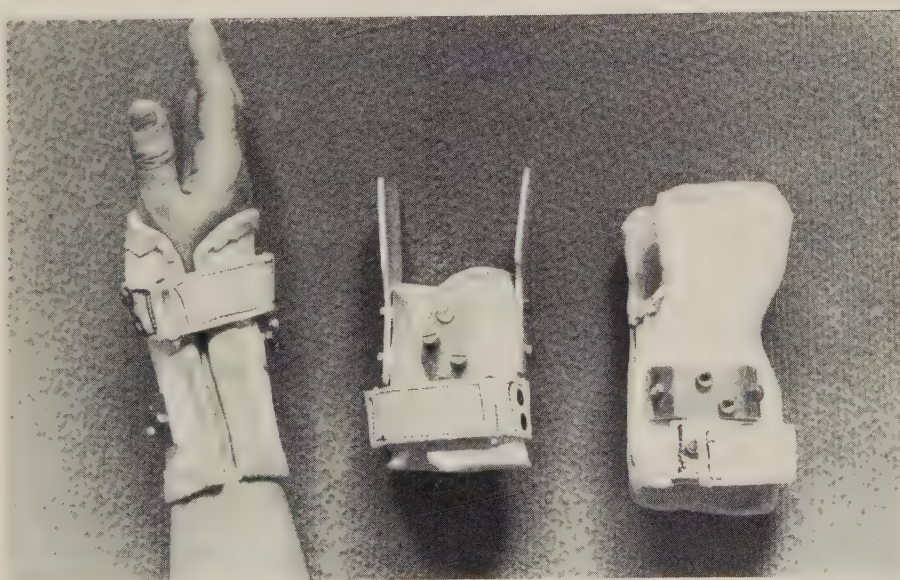


Photo n° 6

- (1) Blocage du poignet global
- (2) Blocage de l'abduction - adduction du poignet
- (3) Blocage de la flexion - extension du poignet

1/ - Les compensations rachidiennes

Le rachis intervient à tous les niveaux : cervical, dorsal, lombaire par les flexions, les hyperextensions, les rotations pour tenter d'amener dans la zone d'utilisation, l'organe effecteur. Par exemple le handicapé qui ne pourra porter la main à sa bouche tentera par une extension cervicale de rapprocher la bouche de sa main.

Ces compensations pour le membre supérieur déficient sont en fait assez limitées.

2/ - Les compensations par la flexion des membres inférieurs

Le volume d'espace décrit par la main en fonction de chaque degré de liberté du membre supérieur est considérablement augmenté par la flexion des membres inférieurs. De même, lors d'un blocage articulaire du membre supérieur la flexion des membres inférieurs peut restituer une partie du déficit volumique (par exemple épaule bloquée, schéma page 20 tiré d'une iconographie de MAZOYER) (36).

3/ - Les compensations par les autres articulations du membre homolatéral

Elles ont été recherchées. Citons quelques exemples de suppléances fréquemment employées au cours de notre expérimentation :

- Pour porter à la bouche lorsque le coude est bloqué à 90° compensation par une hyperflexion du poignet avec inclinaison cubitale associée à une abduction et rétropulsion de l'épaule (avec participation du rachis cervical).

- La perte de la pronation a pu être compensée par une abduction puis une rotation interne de l'épaule.

- La perte de la supination, au contraire a été compensée par une adduction associée à une rotation externe de l'épaule.

4/ - Les suppléances du membre controlatéral ont été rejetées et ce, pour se placer dans l'hypothèse la plus défavorable du membre dominant atteint. Il est bien évident que le handicapé chaque fois qu'il le pourra, tentera de compenser ses déficits par le membre sain : cela est tout-à-fait souhaitable mais n'est pas le propos de notre expérimentation. Pour nous le membre controlatéral sera considéré comme membre d'appoint dans les gestes strictement bilatéraux tels que couper la viande.

5/ Quelques critiques sur ces suppléances peuvent être faites :

- la singularité du sujet testé a été négligée ; nous avons implicitement admis que ses réponses seraient entérinées par tout autre sujet, quel qu'en soit l'âge.

- toutes les compensations possibles n'ont pas été utilisées : d'autres expérimentateurs auraient peut-être employé d'autres suppléances et de plus certaines suppléances ont peut-être été rejetées de façon un peu arbitraire, soit qu'elles aient été jugées trop disgracieuses ou trop dépensières en énergie pour le handicapé, soit qu'elles annulaient l'intérêt de l'étude d'un geste choisi (par exemple nous avons éliminé pour le geste "d'écrire" les compensations par une antépulsion et une latéroflexion du rachis car il serait alors possible d'écrire même avec une épaule bloquée, un coude immobilisé à 90° et un poignet bloqué).

- le degré de liberté qui est compensable est peut-être testé de façon plus subjective mais en définitive s'il est compensable, il est moins primordial.

- il est à noter par ailleurs que si nous reprenons les tableaux synthétiques d'ARCADIO (2) dans son étude des "gestes de la vie quotidienne" il apparaît que pour la grande majorité de ceux-ci, toutes les articulations du membre supérieur sont utilisées. Par conséquent, si l'on n'admettait aucune suppléance, dès les blocages isolés, pratiquement tous les gestes seraient impossibles ce qui de toute évidence, ne correspond pas à la réalité vécue par les handicapés.

C - CONSIDERATIONS SUR LES AIDES TECHNIQUES (4) (8) (25) (42) (43).

Nous rappelons la définition que PIERQUIN donne de l'aide-technique (43) : "Ni orthèse, ni prothèse, ce sont des outils, des instruments, ou des dispositifs permettant à certains infirmes d'exercer des activités diverses qui sans ce recours resteraient hors de leur portée". C'est donc en somme un moyen qu'a le handicapé d'atteindre son environnement par un artifice qui n'est pas en permanence lié à son corps. Les aides-techniques se multiplient ainsi selon l'ingéniosité des rééducateurs ou des handicapés eux-mêmes (voir à ce sujet le travail de PAQUIN (42) et de l'équipe de BOURRET (8)).

Du fait de cette diversité leur utilisation introduirait dans notre expérimentation une nouvelle variable difficile à cerner. C'est pourquoi comme nous

l'avons rappelé dans le protocole nous avons renoncé à l'usage des aides-techniques. Il est probable que dans la vie courante leur emploi tempèrerait nos conclusions.

C H A P I T R E I V

LE CHOIX DES GESTES

A - CRITERES DE CHOIX

Notre choix fut difficile à arrêter. Il aurait fallu en effet, que le nombre de gestes retenus soit le plus grand possible (voir l'étude de RUAN sur les gestes de la vie quotidienne) (49). Nous avons malheureusement été obligée de limiter le cadre de notre étude.

Nous avons cherché à sélectionner parmi les gestes que tout individu exécute en général du lever au coucher, un échantillon de gestes "tests". Nous avons éliminé les gestes plus spécifiquement professionnels, ménagers ou de loisir.

Nos critères ont été, outre la fréquence répétitive :

1/ - L'importance vitale

Nous avons retenu deux gestes indispensables à la survie du sujet : boire et manger.

2/ - La nécessité d'une indépendance : celle-ci passe par l'exécution personnelle des gestes tels que se moucher, uriner, se nettoyer après la selle, se laver.

3/ - L'importance sociale

Ce sont soit les gestes de l'habillage, soit les gestes nécessaires à la communication du handicapé avec l'extérieur et le monde des autres comme le permettent les gestes d'écrire, de téléphoner, de lire, de conduire. Le caractère subjectif apparaît plus net encore dans ce domaine, car ce qui nous est apparu important sera peut-être négligé par un handicapé (conduire par exemple n'a rien de fondamental pour le sujet qui peut utiliser les transports en commun).

B - LES GESTES RETENUS

Nous les avons regroupés en quatre domaines : nutrition, hygiène, habillage, action sur l'environnement comme l'on fait quelques auteurs, notamment ARCADIO (2), MAZOYER (38), NOJIMA (41), ROUSSE (47).

Pour certains gestes nous donnerons quelques précisions sur leur déroulement pour définir le cadre limité que nous avons fixé à chacun. Le début et la fin retenus pour chaque geste pouvant modifier profondément, s'ils varient, les conditions de l'expérience.

1/ - Nutrition

Le sujet est assis devant la table où est dressé son couvert et où sont présentées sa nourriture et sa boisson (couverts à droite de l'assiette).

a) - Boire

Il s'agit de :

- . prendre la bouteille (par le corps ou le goulot suivant les facilités de pronation) de la main droite
- . verser dans le verre posé devant l'assiette
- . porter le verre à la bouche.

b) - Manger avec une cuillère :

- . prendre la cuillère à droite de l'assiette
- . la remplir et la porter à la bouche.

c) - Se servir de la fourchette :

- . prendre avec la main droite la fourchette
- . piquer la viande et porter à la bouche.

d) - Couper la viande au couteau

- . prendre le couteau à droite
 - . la main controlatérale sert d'appoint pour tenir la fourchette.
- Il s'agit d'effectuer un mouvement de cisaillement avec nécessité d'appliquer une certaine force sur le couteau. Nous avons assimilé à ce geste celui de couper du pain, lorsque ce dernier est maintenu par la main gauche sur une planche à couper.

2/ - Hygiène

Nous avons divisé arbitrairement le corps en plusieurs territoires (visage, thorax, etc ...) et les gestes ont été regroupés en fonction de ceux-ci. Le sujet est muni sur la main droite d'un gant mouillé et savonné. Nous avons retenu :

- a) - Se laver le visage. Nous n'y avons pas inclus le lavage du cou.
- b) - Se peigner. L'expérimentation a été réalisée sur cheveux courts: les problèmes sont évidemment différents pour une longue chevelure.
- c) - Se laver la partie antérieure du thorax et du cou y compris l'épaule mais non compris le bras droit qui n'est pas accessible à la main droite même chez le sujet sain.
- d) - Se laver l'abdomen et les membres inférieurs.
- e) - Se laver le haut du dos.
- f) - Se laver le bas du dos.
- g) - S'essuyer après la selle.
- h) - Uriner (homme) sortir la verge du slip et la maintenir. Les problèmes d'ouverture et de fermeture de la braguette seront envisagés avec l'habillement.

3/ - Habillage

Précisons d'emblée que nous avons choisi des vêtements simples à enfiler, amples, ne comportant pas de boutonnage dans le dos. Nous avons supprimé la cravate dont le noeud peut rester fait ne nécessitant alors qu'un mouvement

de coulissage, les boutons de manchette que l'on peut monter sur élastique ainsi que les chaussures à lacets qu'on peut remplacer par des chaussures à soufflets.

Ont été retenus :

- a) - Mettre des chaussettes. Le sujet est assis pour faciliter le geste.
- b) - Mettre un pantalon. Le pantalon est remonté le long des membres inférieurs et juste agrafé à la ceinture. Nous n'avons pas considéré l'ajustage éventuel d'une chemise dans le pantalon. On pourra semble-t-il lui assimiler les gestes de mettre un slip, des collants, une jupe notamment.
- c) - Ouverture et fermeture de la braguette (fermeture à glissière)
- d) - Agrafage dans le dos du soutien-gorge. Le passage des brides a été assimilé au fait d'enfiler les manches d'un pull.
- e) - Passer un pull par la tête et l'ôter. Le passage par la tête et l'ajustage se font à l'aide des deux mains de façon à peu près symétrique.
- f) - Enfiler une chemise ouverte et l'ôter. Pour ce geste existe un problème d'ajustage de la chemise et notamment du col qui se fera à l'aide des deux mains sans qu'il soit demandé plus à la main gauche que lors du geste non entravé. Pourront être assimilés les gestes d'enfiler une veste, un manteau.
- g) - Boutonnage de la chemise y compris le boutonnage du col, non compris les boutons de manchette.

4/ - Action sur l'environnement

- a) - Ecrire : la main gauche repose sur le papier.
- b) - Tourner les pages d'un livre : le livre est posé sur la table devant le lecteur.
- c) - Téléphoner : le téléphone se trouve sur le bureau à droite du sujet. La prise du combiné se fait de la main gauche et la composition du numéro avec la main droite.

- d) - Sortir de sa poche un objet. L'objet (un mouchoir dans l'expérimentation mais pouvant être également un briquet, une boîte d'allumettes, un paquet de cigarettes, etc ...) se trouve dans la poche latérale oblique droite d'un pantalon.
- e) - Tourner une clé dans une serrure.
- f) - Ouvrir une porte avec un bec de canne : le bec de canne se trouve à gauche de la porte, la porte s'ouvre en s'écartant du sujet.
- g) - Tourner un volant d'auto (la main gauche joue son rôle habituel).
- h) - Maniement du levier de vitesse. Le levier de vitesse est au plancher avec grille européenne de vitesse.

C - CRITIQUES SUR LE CHOIX DES GESTES

Comme on l'a déjà fait remarquer, le choix a été nécessairement restreint et subjectif.

Les gestes ne sont évidemment pas d'égale difficulté ; il est autrement plus complexe d'enfiler une chemise que d'écrire ou de téléphoner et ceci ressortira dans nos tableaux dans la mesure où certains gestes resteront longtemps possibles même avec plusieurs blocages combinés. Mais dans la mesure où ces gestes sont testés pour chaque articulation nos résultats n'en sont pas faussés.

C H A P I T R E V

R E S U L T A T S D E L' E X P E R I M E N T A T I O N

A - LECTURE DES TABLEAUX

Les résultats de l'expérimentation sont reportés sur les tableaux 1 à 12 ci-après :

- la lecture des combinaisons de blocages et de leurs résultats sur l'impossibilité gestuelle se fait verticalement par colonne ;
- lorsqu'un geste est impossible par suite d'un ou plusieurs blocages nous avons barré la case correspondante ;
- lorsqu'un geste malgré les blocages reste possible nous n'avons rien noté dans la case correspondante.

B - RESULTATS

1/ - Etude des blocages articulaires isolés (tableau n° 1)

a) - hiérarchie des articulations fondamentales

Nous pensons que les articulations dont le blocage rend impossible un plus grand nombre de gestes sont plus nécessaires à l'activité quotidienne que les autres.

En ordre décroissant nous trouvons coude, anté-rétropulsion et

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 6								T1
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 7				Folio: 1/1				
articulations bloquées: cases barrées	EPAULE	ABDUCTION - ADDUCTION								
	EPAULE	ANTE - RETROPULSION								
	EPAULE	ROTATION INT. - EXT.								
	COUDE	FLEXION - EXTENSION								
		PROSUPINATION								
	POIGNET	ABDUCTION - ADDUCTION								
	POIGNET	FLEXION - EXTENSION								
NOURRITURE	BOIRE					/	/	/		
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE									
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE									
	COUPER VIANDE						/			
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE					/	/			
	SE PEIGNER					/	/			
	LAVER THORAX ANTERIEUR		/	/		/	/	/		
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.					/	/	/		
	LAVER HAUT DOS		/	/		/	/	/		
	LAVER BAS DOS					/	/	/		
	S'ESSUYER APRES SELLE					/	/	/		
	URINER HOMME		/			/	/			
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES									
	METTRE OTER PANTALON									
	FERMER BRAGUETTE					/	/			
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE		/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER PULL OVER					/	/	/		
	METTRE OTER CHEMISE					/	/	/		
	BOUTONNER CHEMISE		/			/	/			
DIVERS	ECRIRE						/			
	TOURNER PAGES LIVRE						/			
	TELEPHONER						/			
	SORTIR OBJET POCHE									
	TOURNER CLEF SERRURE			/						
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE									
	TOURNER VOLANT			/	/	/	/			
	MANIER LEVIER DE VITESSE			/	/	/	/			
TOTAL		5	3	3	14	13	13	5		
%		19	11	11	52	48	48	19		

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 5										T2	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 21					Folio: 1/2						
articulations bloquées : cages barrees	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION												
	EPAULE ANTE - RETROPULSION												
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.												
	COUDE FLEXION - EXTENSION												
	PROSUPINATION												
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION												
	POIGNET FLEXION - EXTENSION												
NOURRITURE	BOIRE												
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE												
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE												
	COUPER VIANDE												
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE												
	SE PEIGNER												
	LAVER THORAX ANTERIEUR												
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.												
	LAVER HAUT DOS												
	LAVER BAS DOS												
	S'ESSUYER APRES SELLE												
	URINER HOMME												
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES												
	METTRE OTER PANTALON												
	FERMER BRAGUETTE												
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE												
	METTRE OTER PULL OVER												
	METTRE OTER CHEMISE												
	BOUTONNER CHEMISE												
DIVERS	ECRIRE												
	TOURNER PAGES LIVRE												
	TELEPHONER												
	SORTIR OBJET POCHE												
	TOURNER CLEF SERRURE												
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE												
	TOURNER VOLANT												
	MANIER LEVIER DE VITESSE												
TOTAL		5	7	17	14	15	10	5	14	13	12	6	14
%		19	26	63	52	56	37	19	52	48	48	22	52

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 5										T3
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 21					Folio: 2/2					
articulations bloquées : cases barrees	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION											
	EPAULE ANTE - RETROPULSION											
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.											
	COUDE FLEXION - EXTENSION											
	PROSUPINATION											
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION											
	POIGNET FLEXION - EXTENSION											
NOURRITURE	BOIRE											
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE											
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE											
	COUPER VIANDE											
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE											
	SE PEIGNER											
	LAVER THORAX ANTERIEUR											
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.											
	LAVER HAUT DOS											
	LAVER BAS DOS											
	S'ESSUYER APRES SELLE											
	URINER HOMME											
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES											
	METTRE OTER PANTALON											
	FERMER BRAGUETTE											
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE											
	METTRE OTER PULL OVER											
	METTRE OTER CHEMISE											
	BOUTONNER CHEMISE											
DIVERS	ECRIRE											
	TOURNER PAGES LIVRE											
	TELEPHONER											
	SORTIR OBJET POCHE											
	TOURNER CLEF SERRURE											
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE											
	TOURNER VOLANT											
	MANIER LEVIER DE VITESSE											
	TOTAL	19	15	13	19	18	18	22	16	20		
	%	70	56	48	70	67	67	81	59	74		

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 4										T4
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 35					Folio: 1/3					
articulations bloquées: cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	COUDE FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SE PEIGNER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER PANTALON	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SORTIR OBJET POCHE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TOTAL	24	24	23	21	23	20	22	16	19	25	19
	%	89	89	85	78	85	74	82	59	70	93	70

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 4										T5	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 35					Folio: 2/3						
articulations bloquées : cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUDE FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE PEIGNER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HABILLEMENT	METTRE OTER CHAUSSETTES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PANTALON	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SORTIR OBJET POCHE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOTAL	20	14	18	15	24	26	22	24	22	18	21	15
	%	74	52	67	56	89	96	82	89	82	67	78	56

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 4										T6	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 35					Folio: 3/3						
articulations bloquées : cases barrees	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION												
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/										
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	COUDE FLEXION - EXTENSION												
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SE PEIGNER			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER PANTALON			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	SORTIR OBJET POCHE			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL		29	14	24	21	22	19	24	16	15	20	17	9
%		78	52	89	78	82	70	89	59	56	74	63	33

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 3										T7	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 35					Folio: 1/3						
articulations bloquées: cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUDE FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE PEIGNER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PANTALON	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SORTIR OBJET POCHE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOTAL	25	26	24	24	26	24	24	23	25	23	25	21
	%	93	96	89	89	96	89	89	95	93	85	93	78

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 3										T8	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 35					Folio: 2/3						
articulations bloquées: cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUDE FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE PEIGNER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PANTALON	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SORTIR OBJET POCHE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
TOTAL		22	23	25	21	26	26	23	23	26	25	25	26
%		82	85	93	78	96	96	85	85	96	93	93	96

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 3										T9	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 35					Folio: 3/3						
articulations bloquées : cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUDE FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SE PEIGNER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
HABILLEMENT	METTRE OTER CHAUSSETTES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PANTALON	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	SORTIR OBJET POCHE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	TOTAL	26	25	24	26	25	26	25	26	23	24	23	
	%	96	93	89	96	93	96	93	96	85	89	85	

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 2										T10	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 21					Folio: 1/2						
articulations bloquées : cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION												
	EPAULE ANTE - RETROPULSION												
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.												
	COUDE FLEXION - EXTENSION												
	PROSUPINATION												
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION												
	POIGNET FLEXION - EXTENSION												
NOURRITURE	BOIRE												
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE												
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE												
	COUPER VIANDE												
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE												
	SE PEIGNER												
	LAVER THORAX ANTERIEUR												
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.												
	LAVER HAUT DOS												
	LAVER BAS DOS												
	S'ESSUYER APRES SELLE												
	URINER HOMME												
HABILLEMENT	METTRE OTER CHAUSSETTES												
	METTRE OTER PANTALON												
	FERMER BRAGUETTE												
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE												
	METTRE OTER PULL OVER												
	METTRE OTER CHEMISE												
	BOUTONNER CHEMISE												
DIVERS	ECRIRE												
	TOURNER PAGES LIVRE												
	TELEPHONER												
	SORTIR OBJET POCHE												
	TOURNER CLEF SERRURE												
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE												
	TOURNER VOLANT												
	MANIER LEVIER DE VITESSE												
TOTAL		27	25	25	26	26	25	27	27	25	26	27	26
%		100	93	93	96	96	93	100	100	93	96	100	96

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 2										T ¹¹	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 21					Folio: 2/2						
articulations bloquées: cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	COUDE FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	—												
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SE PEIGNER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER PANTALON	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SORTIR OBJET POCHE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
TOTAL	24	25	26	26	26	25	26	26	25				
%	89	93	96	96	96	93	96	96	93				

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES: 1								T12	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 7				Folio: 1/1					
articulations bloquées: cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/		
	EPAULE ANTE - RETROPULSION	/	/	/	/	/	/	/	/		
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.	/	/	/	/	/	/	/	/		
	COUDE FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/		
	PROSUPINATION	/	/	/	/	/	/	/	/		
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION	/	/	/	/	/	/	/	/		
	POIGNET FLEXION - EXTENSION	/	/	/	/	/	/	/	/		
NOURRITURE	BOIRE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	COUPER VIANDE	/	/	/	/	/	/	/	/		
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SE PEIGNER	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER THORAX ANTERIEUR	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER HAUT DOS	/	/	/	/	/	/	/	/		
	LAVER BAS DOS	/	/	/	/	/	/	/	/		
	S'ESSUYER APRES SELLE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	URINER HOMME	/	/	/	/	/	/	/	/		
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER PANTALON	/	/	/	/	/	/	/	/		
	FERMER BRAGUETTE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER PULL OVER	/	/	/	/	/	/	/	/		
	METTRE OTER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	BOUTONNER CHEMISE	/	/	/	/	/	/	/	/		
DIVERS	ECRIRE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TOURNER PAGES LIVRE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TELEPHONER	/	/	/	/	/	/	/	/		
	SORTIR OBJET POCHE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE	/	/	/	/	/	/	/	/		
	TOURNER VOLANT	/	/	/	/	/	/	/	/		
	MANIER LEVIER DE VITESSE	/	/	/	/	/	/	/	/		
TOTAL		27	27	25	26	27	27	27			
%		100	100	93	96	100	100	100			

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 6,5								T13		
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 14				Folio: 1/2						
articulations bloquées : cases barrees	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION	AB	AD									
	EPAULE ANTE - RETROPULSION				AN	RE						
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.							INT	EXT			
	COUDE FLEXION - EXTENSION									F	E	
	PROSUPINATION											
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION											
	POIGNET FLEXION - EXTENSION											
NOURRITURE	BOIRE	/			/					/		
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE											
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE											
	COUPER VIANDE				/							
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE							/		/		
	SE PEIGNER							/		/		
	LAVER THORAX ANTERIEUR				/			/		/		
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.				/			/		/		
	LAVER HAUT DOS	/			/			/		/		
	LAVER BAS DOS	/			/			/		/		
	S'ESSUYER APRES SELLE							/		/		
	URINER HOMME							/		/		
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES											
	METTRE OTER PANTALON											
	FERMER BRAGUETTE							/				
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/			/			/		/		
	METTRE OTER PULL OVER	/			/			/		/		
	METTRE OTER CHEMISE							/		/		
	BOUTONNER CHEMISE							/		/		
DIVERS	ECRIRE				/							
	TOURNER PAGES LIVRE											
	TELEPHONER				/							
	SORTIR OBJET POCHE											
	TOURNER CLEF SERRURE											
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE											
	TOURNER VOLANT				/			/		/		
	MANIER LEVIER DE VITESSE				/	/				/		
	TOTAL	5	0		8	5		13	0		14	0
	%	19	0		30	19		48	0		52	0

		NOMBRE D'ARTICULATIONS LIBRES : 65								T14	
		NOMBRE D'ARRANGEMENTS: 14				Folio: 2/2					
articulations bloquées : cases barrées	EPAULE ABDUCTION - ADDUCTION										
	EPAULE ANTE - RETROPULSION										
	EPAULE ROTATION INT. - EXT.										
	COUDE FLEXION - EXTENSION										
	PROSUPINATION	P	S								
	POIGNET ABDUCTION - ADDUCTION				AB	AD					
	POIGNET FLEXION - EXTENSION						F	E			
NOURRITURE	BOIRE										
	SE SERVIR D'UNE CUILLERE										
	SE SERVIR D'UNE FOURCHETTE										
	COUPER VIANDE										
HYGIENE	SE LAVER LE VISAGE										
	SE PEIGNER										
	LAVER THORAX ANTERIEUR				/	/					
	LAVER ABDOMEN et MB. INF.										
	LAVER HAUT DOS				/	/					
	LAVER BAS DOS										
	S'ESSUYER APRES SELLE										
	URINER HOMME					/					
HABILLAGE	METTRE OTER CHAUSSETTES										
	METTRE OTER PANTALON										
	FERMER BRAGUETTE										
	METTRE OTER SOUTIEN GORGE	/	/		/	/					
	METTRE OTER PULL OVER										
	METTRE OTER CHEMISE										
	BOUTONNER CHEMISE					/					
DIVERS	ECRIRE										
	TOURNER PAGES LIVRE										
	TELEPHONER										
	SORTIR OBJET POCHE										
	TOURNER CLEF SERRURE	/	/								
	OUVRIR PORTE BEC DE CANNE										
	TOURNER VOLANT	/	/								
	MANIER LEVIER DE VITESSE										
	TOTAL	3	1		0	3		5	0		
	%	11	4		0	11		19	0		

rotations d'épaule, puis loin derrière adduction-abduction d'épaule, poignets et prosupination. Le tableau ci-dessous rassemble les résultats du tableau 1 :

Tableau n° 15

Blocage unique	Nombre de gestes impossibles sur 27
Coude flexion-extension	14
Epaule rotation interne-externe	13
Epaule anté-rétropulsion	13
Epaule adduction-abduction	5
Poignet flexion-extension	5
Poignet adduction-abduction	3
Prosupination	3

b) - hiérarchie des difficultés gestuelles

Comme nous l'avons signalé précédemment les gestes sont d'inégales difficultés. Ceci est confirmé par nos résultats : lorsqu'on bloque par exemple isolément et successivement les sept degrés de liberté le pourcentage d'impossibilité gestuelle pour les quatre catégories de gestes choisis s'établit ainsi :

$$100 \times \frac{\text{Nombre total d'impossibilités gestuelles par catégorie}}{(\text{nombre de gestes de la catégorie}) \times (\text{nombre d'expérimentation pour la catégorie})}$$

- sóit pour la nourriture : 14 %
- l'hygiène : 48 %
- l'habillage : 32 %
- l'action sur l'environnement : 17 %.

Nous constatons que les gestes d'hygiène et d'habillage sont plus exigeants que ceux de la nourriture et de l'action sur l'environnement. Il serait plus exact de ne raisonner que sur les trois premiers domaines dont les gestes sont très stéréotypés donnant une bonne valeur comparative, le quatrième chapitre restant très subjectif.

2/ - Etude des blocages articulaires multiples (tableaux 2 à 12).

a) - Hiérarchie des difficultés gestuelles et des articulations

A partir de trois blocages combinés, les difficultés gestuelles maxima notées deviennent comparables pour les trois chapitres nourriture, hygiène et habillement (plus de 70 % d'impossibilités), l'action sur l'environnement restant compétitive jusqu'au quatrième blocage.

Cette constatation nous a semblé souvent vérifiée en clinique (voir chapitre VI).

- Notons enfin qu'au niveau des deux articulations à degrés de liberté multiples, épaule et poignet, si nous bloquons globalement ces degrés, la hiérarchie est modifiée ainsi :

Tableau n° 16

ARTICULATIONS	GESTES IMPOSSIBLES	EN %
Epaule globale bloquée (scapulo thoracique libre)	24	89
Coude bloqué à 90°	14	52
Poignet global bloqué en rectitude	5	19
Prosupination bloquée en position neutre	3	11

Remarque :

- Certaines compensations par les degrés de liberté articulaires homolatéraux sont annulés lors des blocages combinés.

b) - De façon pratique, voici quelques données numériques d'impossibilités gestuelles :

- 6 blocages articulaires, coude libre (tableau 12) (cas par exemple d'une prothèse à coude Hosmer (voir chapitre VI) appliquée à une désarticulation d'épaule).

26 impossibilités sur 27 réparties ainsi :

nourriture : 4/4

hygiène : 8/8

habillement : 7/7

action sur l'environnement : 7/8

- 4 blocages articulaires, épaule libre (tableau 9)

23 impossibilités sur 27 :

nourriture : 4/4

hygiène : 7/7

habillement : 6/7

action sur l'environnement : 5/8

- 4 blocages articulaires

1 liberté à chaque niveau : épaule abduction-adduction, coude, distale (flexion-extension du poignet).

26 impossibilités sur 27 (tableau 8)

nourriture : 4/4

hygiène : 8/8

habillement : 7/7

action sur l'environnement : 7/8

En cas de choix autre des combinaisons le nombre des impossibilités varie de 21 à 26 (voir tableaux 7, 8, 9 et 17).

- 4 blocages articulaires, épaule partiellement libre (2/3), coude libre (tableaux 7, 8, 9).

blocages	rotation abd-adduction	anté-rétropul- sion rotation	anté-rétropul- sion abd-adduction
Impossibilités	26/27	23/27	24/27

- 3 blocages articulaires à l'épaule (coude, prosupination et poignets libres).

24 impossibilités sur 27 (tableau 4)

nourriture : 4/4
hygiène : 8/8
habillage : 7/7
action sur l'environnement : 5/8

- 3 blocages articulaires périphériques (tableau 6) (blocage de la prosupination et des deux poignets)

9 impossibilités gestuelles sur 27

nourriture : 0/4
hygiène : 5/8
habillage : 2/7
action sur l'environnement : 2/8

Le tableau n° 17 regroupe ces différents résultats. Il représente la variation du nombre de gestes possibles avec le nombre des blocages. Pour un nombre donné de blocages, le nombre de gestes possibles est compris entre un maximum et un minimum. On observe, lorsqu'on atteint quatre blocages une chute nette du nombre de gestes possibles.

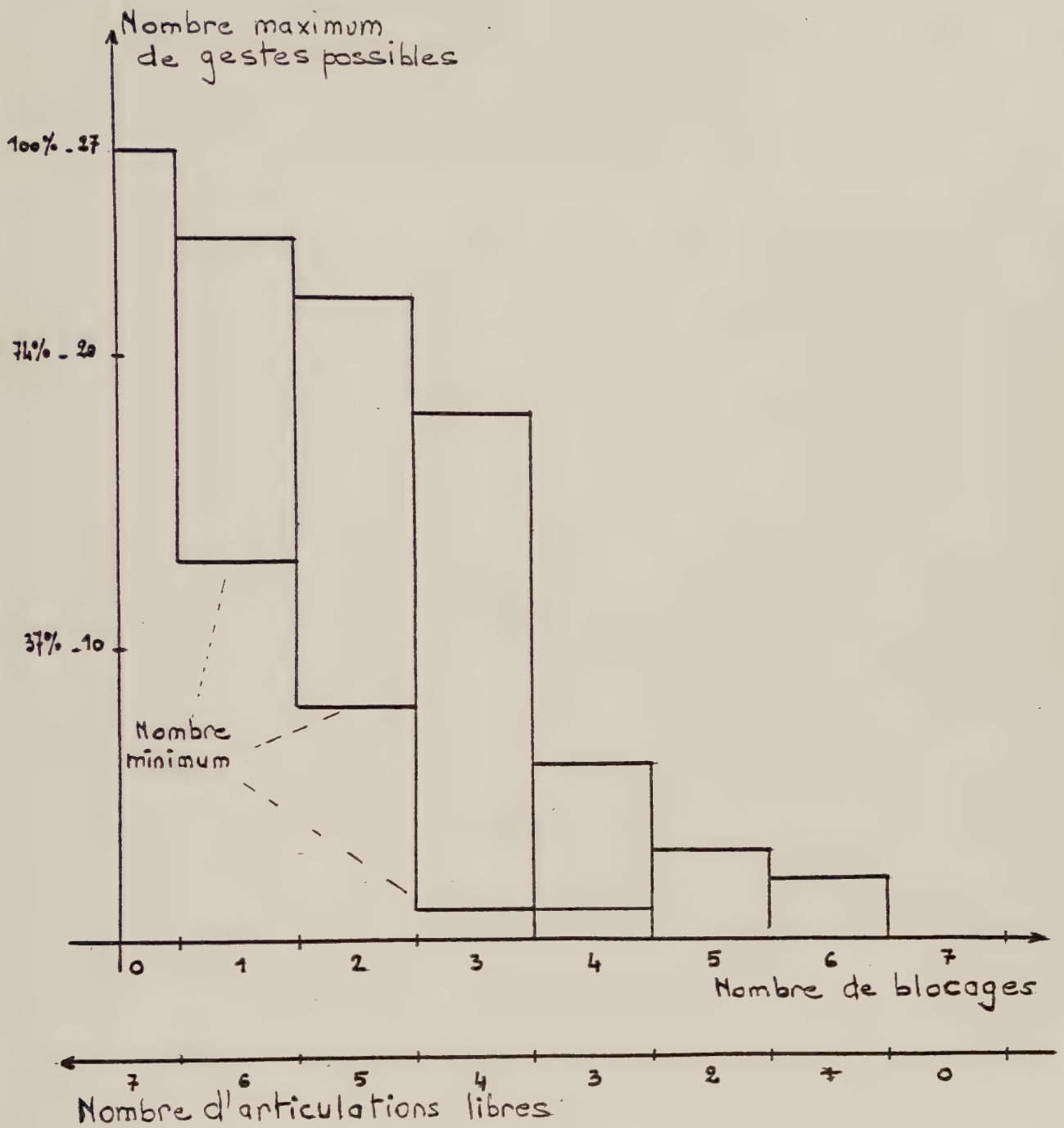
Ces quelques remarques mettent bien en évidence que pour une restitution gestuelle correcte il faudrait rendre à l'individu au moins quatre mouvements articulaires et que ceux-ci devraient être de préférence l'épaule et le coude plutôt que les articulations distales.

- 3/ - Considérations sur les degrés de liberté antagonistes pour les articulations se mouvant autour d'un point 0 (tableaux 13 et 14).

Nous avons repris l'expérimentation pour les blocages isolés en tenant compte non plus du degré de liberté dans sa totalité mais en considérant les mouvements antagonistes.

Nous voyons que :

- 1'abduction est utilisée plus fréquemment que 1'adduction (5 contre 0),
- 1'antépulsion domine sur la rétropulsion (8 contre 5),

Tableau 17

- la rotation interne prédomine sur la rotation externe (13 contre 0),
- la pronation l'emporte sur la supination (3 contre 1),
- la flexion palmaire du poignet l'emporte sur l'extension (5 contre 0),
- l'inclinaison cubitale domine l'inclinaison radiale (3 contre 0).

Ces conclusions rejoignent celles de ARCADIO et de MAZOYER.

CHAPITRE VI

APPLICATIONS PROTHETIQUES

C'est en fait le contact quotidien avec les amputés du membre supérieur, la conscience des difficultés et des échecs de leur prothétisation qui ont été la première motivation de l'étude précédemment exposée. Il nous faut d'abord nous expliquer sur ces points. Nous dirons ensuite vers quelles solutions, ne fussent-elles qu'ébauchées, la notion de hiérarchie des articulations du membre supérieur nous oriente.

A - RAPPELS SUR LA PROTHETISATION DU MEMBRE SUPERIEUR AMPUTE

Il nous semble utile de reprendre un large survol du problème avant d'en saisir les points où notre expérimentation pourra s'insérer.

1/ - L'amputation, origine, niveaux, faits annexes, statistiques :

. L'accident au premier chef, la maladie et la malformation congénitale à un beaucoup moindre titre, se partagent les causes de l'amputation du membre supérieur.

. Les niveaux d'atteinte lésionnelle font classiquement distinguer :

l'atteinte partielle de la main (au plus "main métacarpienne").

l'atteinte du segment antibrachial (amputation "au-dessous du coude"),
et l'atteinte du segment brachial (amputation "au-dessus du coude").

. Comme toujours en matière d'amputation, les lésions au niveau du membre supérieur peuvent parfois s'accompagner d'un déficit surajouté : articulaire,

cutané, musculaire ou neurologique.

. Les statistiques prennent diversement en compte les amputations isolées des doigts et les lésions congénitales minimales. De ce fait elles sont floues :

- pour l'O.M.S. (1954) (14) les amputés représentent 0,5 à 1,5 % de la population des pays occidentaux. Sur la foi de ces normes en comptabilisant trois fois plus d'atteintes de membres inférieurs que de membres supérieurs, il y aurait en France au minimum 60 000 amputés du membre supérieur.

- pour MAZOYER (36) le chiffre des lésions sévères aux trois niveaux serait beaucoup moindre : environ 10 000 (enquête menée en 1972 au centre d'appareillage de Lyon avec extrapolation). Avec les caractéristiques suivantes :

prédominance de l'atteinte chez l'homme plutôt que la femme (4/1)

hiérarchie segmentaire (avant bras 43 %, main 32 %, bras 25 %)

grande majorité de cas unilatéraux

l'amputation bilatérale du bras restant rare (150 cas ?).

2/ - L'appareillage courant :

. Il s'agit de celui qui est proposé à l'amputé dans la majorité des cas (lésion unilatérale d'avant bras ou de bras, lésion bilatérale d'avant-bras, voire de bras).

. Il comporte : un appareil terminal,

un support segmentaire avec ses articulations éventuelles, et de façon aléatoire un système de commande motrice et la transmission du mouvement au segment terminal, 2ème segment et articulation du coude.

. l'appareil terminal

Hormis les cas où il est à visée purement esthétique (restitution de l'aspect anthropomorphe cher à certaines catégories d'amputés) et résolu par une "main de parade" plastifiée dont les défauts sont notoires (teinte et texture cutanée imparfaites, vieillissement et difficultés de nettoyage du gant de recouvrement, inconfort si contact cutané direct), il est à visée fonctionnelle. Il s'agit alors :

- soit d'un outil passif dont certains modèles sont de très ancien usage, orienté vers une fonction manœuvrière. - Emergent d'une vaste panoplie recouvrant ces objets, le crochet, l'anneau et l'agriculteur à cardans remarquablement fiables malgré leur aspect désuet, et pour satisfaire aux normes législatives les divers instruments possibles de tenue par la prothèse d'avant-bras

des boules sur volant d'automobile -

- soit d'un appareil actif réalisant diverses formes de pinces : dans cette catégorie trois types d'appareil : les pinces crochets, la pince à trois doigts de Kuhn et les diverses mains actives à trois doigts mobiles.

. Le support segmentaire

Le fût antibrachial ou brachial comporte une partie évidée ("l'emboiture") dans laquelle pénètre le moignon. Les parties segmentaires sous jacentes sont traitées soit en poutre creuse soit en poutre centrale recouverte d'une mousse plastique restituant au membre son anthropomorphisme.

L'accrochage au corps se fait au niveau du moignon de façon parfois rigoureuse (emboiture "contact") et par des appuis sur des reliefs osseux du segment sus-jacent (par ex. massif de l'épicondyle, de l'épitrochlée et de l'olécrane pour la prothèse d'avant-bras, coque d'épaule pour la prothèse de bras). D'autres fois la stabilité est acquise par des sangles brachiales et thoraciques. L'accrochage et l'interchangeabilité des appareils terminaux se fait par l'intermédiaire d'une "prise rapide" crantée.

Les articulations sont couramment passives, maintenant les positions acquises par un système à friction dure ou par un verrouillage cranté. Dans le premier cas la mobilisation se fait par appui du segment sous jacent sur un objet extérieur ; dans le deuxième cas, l'intervention de la main opposée est nécessaire. Dans les deux cas l'angle articulaire doit être prépositionné à l'action préhensive. Ainsi sont traitées la circumduction du poignet, la prosupination, la flexion du coude et les rotations du bras artificiellement rejetées à l'extrémité du fût brachial sous le moignon au-dessus du coude.

Seules deux articulations peuvent être animées "en actif" :

- la prosupination subsistante d'un moignon long d'avant bras peut être partiellement utilisée par certains artifices de moulage du fût prothétique ;
- la flexion de l'avant-bras sur le bras (et non l'extension qui reste passive) peut être motorisée par un système tracteur à cable, le verrouillage positionnel étant lui-même commandé par un autre cable (coude Hosmer).

. Le système de commande motrice est effectué par un mouvement volontaire d'une partie du corps n'aliénant pas la disponibilité de la main restante. Cette exigence limite les points moteurs aux racines du membre supérieur supposées dotées d'une ceinture scapulaire fonctionnelle résiduelle apte à fournir les mouvements d'antépropulsion d'enroulement et d'élévation, et à la nuque susceptible

de fournir un mouvement de rétropulsion.

. La transmission du mouvement se fait à partir d'une sangle formant une boucle autour du point mobile (aisselle ou nuque) agissant sur un cable d'acier ou de nylon dont la partie moyenne glisse dans une gaine Bowden fixée en divers points du fut prothétique jusqu'au point fixe représenté éventuellement par un des mors de l'appareil actif terminal, le fut prothétique d'avant-bras, le loquet de verrouillage du coude actif. Le point moteur est habituellement hétérolatéral à l'appareil commandé pour une meilleure puissance motrice par un plus grand jeu du cable. L'expérience montre que quelques sujets seulement peuvent intégrer un nombre multiple de commandes par cable : trois à chaque membre soit pour chaque côté hétérolatéral l'appareil terminal actif, l'élévation active de l'avant-bras et le verrouillage du coude.

En résumé, l'appareillage courant dans sa forme active ne restitue la possibilité gestuelle que de l'appareil périphérique et éventuellement du coude.

3/ - L'appareillage sophistiqué :

Il vise à la création d'un appareil terminal préhenseur plus élaboré que celui précédemment décrit et à l'utilisation de moteurs et systèmes de transmission autres que la ceinture scapulaire la nuque et l'usage des cables.

. L'appareil préhenseur est souvent calqué dans son aspect sur les appareils classiques : pince crochet ou main à trois doigts mobiles. Il est alors seulement adapté à "l'énergie extérieure" de commande. Dans le cas de la main active cependant la préhension peut être progressive et un prépositionnement passif particulier du pouce peut augmenter l'empan. (main Otto Bock ou Viennatone). Ces appareils sont les seuls commercialisés. Ils n'apportent finalement pas de modification importante aux appareils classiques hormis leur système de commande (pneumatique ou électrique) et on peut discuter le bénéfice qu'ils procurent eu égard à leurs contraintes (fragilité, poids, prix).

. En laboratoire les mains actives mobilisent leurs cinq doigts pour une saisie plus diversifiée. Le pouce est parfois doté outre de la flexion interphalangienne et métacarpophalangienne d'une possibilité d'opposition (main électromécanique des anciens combattants). De nombreuses mains ont ainsi vu le jour qui n'ont pratiquement pas eu de destinée clinique (main de Vaduz, main de Belgrade, main Russe, etc ...).

. Plus rarement la "puissance externe" est appliquée aux articulations distales (poignet, prosupination) ou au coude. Ainsi sont construits à la demande certains appareils destinés aux enfants améliques (27).

. Le moteur du mouvement est recherché soit dans l'action d'un fluide (CO₂ ou pression hydraulique), soit dans l'action d'un moteur électrique (48). Pratiquement seule l'utilisation du pneumatique ou de l'électrique ont une petite existence clinique.

. La transmission se fait selon les cas par canalisation ou par embiellage.

. La commande du moteur fait appel à une impulsion physiologique : appui sur une touche (fluides) ou recueil des courants d'action musculaires (myoélectricité) (7).

- En résumé, l'appareillage actif sophistiqué dont les contraintes limitent beaucoup l'emploi n'a abouti pour l'instant qu'à une motorisation différenciée de l'appareil et des articulations terminaux et du coude.

4/ - Les résultats de la prothétisation

. Lorsque l'amputation est unilatérale :

L'usage à échéance de l'appareil actif est aléatoire.

L'appareil passif est considéré comme fiable par une partie des manouvriers.

L'appareil actif est abandonné huit fois sur dix.

Le bras sain restant suffit habituellement à une indépendance complète.

Le rejet de l'appareil actif est d'autant plus habituel que l'amputation est haute.

; Lorsque l'amputation est bilatérale :

L'atteinte des deux avants-bras est compensée de façon satisfaisante par les prothèses actives de type courant.

L'atteinte des deux bras aboutit difficilement dans quelques cas à une indépendance très partielle.

Ce bilan schématique conduit aux conclusions suivantes :

L'appareil terminal actif classique est insuffisamment fiable pour justifier l'effort que son usage comporte lorsque le sujet reste doté d'une main saine (il en est de même des appareils sophistiqués commercialisés).

Il est jugé fiable lorsque la bilatéralité oblige l'amputé à ne compter que sur lui et lorsque le support segmentaire est présent.

Il devient caduque lorsque le support segmentaire lésé au-dessus du coude entre en compte.

B - CE QUE SUGGERE LA COMPARAISON DE NOTRE EXPERIMENTATION AVEC LES DONNEES PRECEDENTES.

1/ - L'expérience clinique nous a appris que les échecs de la prothétisation du membre supérieur étaient comptabilisés d'abord dans les lésions hautes c'est-à-dire dans les amputations au-dessus du coude.

La revue rapide des techniques de prothétisation faite ci-dessus nous a montré que dans ces formes lésionnelles l'appareil prenait son accrochage au niveau de l'épaule en l'encapuchonnant. De ce fait aucun mouvement articulaire résiduel éventuel du moignon de bras ne peut se transmettre dans toute son amplitude au fût prothétique dans les mouvements en plan sagittal et frontal. Quant aux mouvements de rotation du moignon ils sont rendus inefficaces en plus par la pseudarthrose qui subsiste entre le moignon et l'emboiture.

Ni dans le type classique de construction prothétique ni dans le type sophistiqué aucune motorisation d'articulation prothétique d'épaule doublant l'articulation physiologique n'est prévue.

2/ - Notre expérimentation sur l'annulation isolée des degrés de liberté articulaire du membre supérieur a établi tout au contraire la prééminence fondamentale de l'épaule, très proche de celle du coude, dans la hiérarchie des impératifs fonctionnels articulaires. (voir tableau n° 15).

L'étude des blocages articulaires multiples suggère assez logiquement que la conservation d'un nombre donné de libertés articulaires proximales est plus rentable pour les possibilités gestuelles que la conservation du même nombre de libertés articulaires distales (voir résultats Chap.V § B-2-b). On peut même établir une liste des associations en fonction de la progressivité de leur efficacité. On peut enfin fixer le nombre de degrés de libertés articulaires minimum qui tolèrent une indépendance gestuelle acceptable, s'il s'avère qu'une conservation ou qu'une restitution complète n'est pas possible à envisager. Nous retiendrons dans cette hypothèse quatre degrés de liberté articulaire

localisés à l'épaule et au coude avec une possibilité gestuelle de 67 % des gestes testés.

3/ - Si l'on cherche à situer dans ce schéma la place que confèrent aux prothèses actuelles les restitutions d'articulations actives qu'elles proposent : au mieux poignet, prosupination et coude, on ne peut que constater qu'elle est dans notre expérience très médiocre ce que corrobore finalement la faillite de la prothétisation clinique. Encore faut-il se souvenir de ce que les restitutions articulaires prothétiques sont rarement aussi nombreuses en "actif" et qu'elles restent toutes très insatisfaisantes par rapport aux possibilités articulaires physiologiques en raison de leurs commandes dispersées.

Nous proposons donc les conclusions suivantes :

- La fiabilité d'une prothèse d'amputation de bras implique la restitution par l'appareil d'au moins les degrés de liberté articulaires de l'épaule et du coude.

- Contrairement à l'usage établi, les degrés de liberté articulaires périphériques nous semblent secondaires.

- L'appareil préhenseur n'est pas l'élément fondamental qui justifie le succès ou l'échec de la prothèse, cette place première est celle du support.

C - CONSEQUENCES PRATIQUES POUR LA CREATION D'UNE PROTHESE ACTIVE FIABLE

1/ - Cas d'un amputé de bras conservant un moignon mobile :

a) - au niveau de l'épaule

La solution du problème mécanique comportera l'établissement d'une articulation prothétique isocentrique à l'articulation physiologique résiduelle (celle-ci étant confondue arbitrairement avec la seule scapulohumérale). Ce complexe articulaire impose une liaison corporelle par l'intermédiaire d'un corselet thoracique du type "Oxford jacket".

La motorisation des trois degrés de liberté articulaire de l'épaule préservés se fera par une des méthodes dites par énergie extérieure précédemment exposée (sans doute préférentiellement par microhydraulique) (3) (60).

La commande des trois moteurs se fera par les mouvements résiduels du moignon. Ainsi sera-t-elle physiologique et le mouvement de l'appareil pratiquement synchrone aux mouvements spontanés. Il faut se souvenir de la fatigabilité habituelle du moignon et de sa faible puissance eu égard à sa brièveté ainsi qu'aux remaniements musculaires qu'il a subis lors de sa constitution. Le rôle de starter du mouvement joué par le moignon sera beaucoup plus logique et efficace que le rôle moteur qui lui est éventuellement demandé actuellement vis à vis des prothèses de bras dans certains plans (ce qui contribue d'ailleurs à leur inefficacité).

b) - Le coude sera également motorisé par énergie extérieure, seule hypothèse rationnelle pour verrouiller l'amplitude articulaire en toute position angulaire mais la commande sera plus difficilement basée sur le geste physiologique. L'utilisation de la myoélectricité bicipitale et tricipitale serait sans doute le signal biologique le plus rationnel (7) (22).

c) - L'appareil terminal restera de type classique à cable jusqu'à ce qu'il soit avéré qu'on puisse utiliser cliniquement avec profit un appareil plus compétitif du type de la main électromécanique (6) (44).

Une telle construction apportera à l'amputé du bras un appareil préhenseur guidé par ses deux segments supports au prix de trois niveaux de commande : l'un automatique calqué sur la physiologie de l'épaule et à ce titre parfaitement transparent, les deux autres analytiques et partant beaucoup moins physiologiques, cependant assez peu nombreux pour qu'on puisse penser qu'ils seront acceptés par l'amputé compte tenu du service rendu.

2/ - Cas d'un désarticulé du bras

Pour être plus rares ces cas n'en sont pas moins beaucoup plus graves.

a) - La restitution mécanique de l'épaule et du coude doit y être traitée comme précédemment mais les trois degrés de liberté articulaires de l'épaule ne peuvent plus être mus par la physiologie du moignon et si la désarticulation est interscapulothoracique même pas par les artifices de Simpson qu'il nomme "commande proprioceptive étendue" (53) (54).

b) - Le problème de la commande motrice est alors fondamental :

On sait qu'il ne peut être résolu de façon analytique. La multiplication des commandes signifiant la multiplication des sites non physiologiques et la décomposition des gestes en mouvements constitutifs séquentiels aboutissant à un geste très lent et très coûteux d'attention c'est-à-dire rédibitoire pour le sujet et cause de rejet de l'appareil.

La solution est pour l'instant recherchée à la fois au niveau de la diversification des signaux biologiques aptes à la commande (1) (56) et au niveau de l'automatisation du geste, soit programmé (17), soit induit en fonction du but localisé par des capteurs directionnels ou de proximité (11).

Mais, même si une solution fiable de la prothèse du désarticulé d'épaule et surtout interscapulothoracique n'est pas aussi proche que celle de la prothèse de l'amputé de bras à moignon résiduel, il semble que les impératifs de la restitution articulaire d'épaule et de coude sont identiques dans les deux cas ; savoir que la restitution articulaire à ces deux seuls niveaux apporte une fiabilité gestuelle de 67 % peut alléger partiellement un problème qui apparaît comme extrêmement complexe.

Notons pour terminer que les solutions techniquement très complexes et onéreuses ne peuvent s'envisager présentement que pour les cas bilatéraux.

C H A P I T R E V I I

QUELQUES CONSIDERATIONS DANS LE DOMAINE DE LA MEDECINE LEGALE ET DE LA MEDECINE DU TRAVAIL

A - DOMAINE MEDICO-LEGAL (13) (16) (23) (35) (45) (46).

Il nous a paru intéressant de voir si nos résultats étaient confortés par d'autres évaluations déjà faites dans des domaines para-cliniques.

Nous nous sommes plus particulièrement penchée sur les évaluations des taux d'incapacité permanente consécutifs aux accidents de travail ou aux maladies professionnelles. Y a-t-il concordance entre l'appréciation médico-légale des préjudices relatifs aux séquelles de ces accidents ou maladies professionnelles sur le membre supérieur et nos résultats ?

1/ - Nos résultats peuvent s'exprimer en nombre d'impossibilités gestuelles sur 27 gestes testés. Nous pouvons également les traduire en pourcentage (tableaux n° 15 et 16).

2/ - Considérons maintenant les évaluations des taux d'incapacité permanente partielle (I.P.P.)

Le taux d'incapacité permanente partielle après accident du travail ou maladie professionnelle correspond à une diminution de capacité physiologique de travail donc correspond à une incapacité de gain (46).

L'évaluation de cette I.P.P. est très délicate car de nombreux facteurs interviennent, les facteurs humains aussi bien que les facteurs professionnels. Ainsi l'article L 453 du Code de la Sécurité Sociale dans son troisième alinéa dispose que ce taux est déterminé compte tenu d'un barème indicatif d'invalidité. Il existe actuellement un "barème officiel établi consécutivement à la loi du 9 avril 1898 et modifié par la loi du 1er juillet 1938 n'ayant pas subi de changement depuis la mise en vigueur de la loi nouvelle de 1946" (35). Or, les techniques de travail mais surtout les possibilités thérapeutiques chirurgicales ou de réadaptation fonctionnelle ont modifié certains pronostics. Un projet de nouveau barème est à paraître, établi par le haut comité médical de la Sécurité Sociale (23). Nous donnerons par conséquent dans le tableau n° 18 les valeurs du barème actuel et celles du projet pour ce qui concerne le membre supérieur, excepté la main. Nous avons extrait de ces barèmes les chiffres pouvant correspondre à notre expérimentation sur le membre dominant :

- pour l'épaule nous n'avons retenu que l'ankylose complète de la scapulo-humérale avec scapulo-thoracique libre,

- pour le coude, comme il n'y a pas à proprement parler, dans le barème ni dans le projet, de blocage dans une position donnée mais dans une fourchette angulaire jugée favorable (80° - 120°) ou défavorable (35° à 80° et 120° à 180°) nous n'avons retenu que l'angulation favorable, notre position de blocage du coude à 90° s'y insérant naturellement. Nous avons personnellement considéré la radio-cubitale libre, ce qui peut correspondre cliniquement à une ankylose incomplète du coude. Cette distinction est établie également dans les barèmes,

- pour la prosupination, nous n'avons gardé que les blocages purs (par exemple suite de fracture des deux os de l'avant-bras) sans lésion ni du coude ni du poignet,

- pour le poignet, sans atteinte de la radio-cubitale inférieure (cas de nos études), le barème actuellement en vigueur, ne l'envisage pas en raison

du caractère non obligatoire mais fréquent cliniquement de lésions associées de ces deux articulations. Nous trouvons par contre, une cotation dans le projet de nouveau barème.

Tableau n° 18

Articulation du membre supérieur bloqué	Ancien barème taux d'IPP en %		Projet de barème taux d'IPP en %	
scapulo humérale bloquée	D	G	D	G
scapulo-thoracique mobile	35 à 45	25 à 30	40	30
Coude bloqué en position favorable (prosupination libre)	angle favorable 75 - 110°		angle favorable 80 - 120°	
	23 à 25	18 à 20	25	22
Poignet bloqué en rectitude ou en extension (radiocubitale inférieure libre)	le blocage du poignet est toujours associé à une atteinte de la pro-supination		15	10
Prosupination bloquée en position neutre	13 à 15 %	10 à 12 %	10 à 15 %	8 à 12 %

3/ - Réflexions sur le parallélisme "Résultats-Barèmes"

Il est bien évident que les chiffres des tableaux n° 16 et n° 18 ne peuvent être comparés qu'avec prudence car ils correspondent à des réalités un peu différentes.

Nos résultats exprimés en pourcentages correspondent à des impossibilités gestuelles où les compensations controlatérales ont été résolument rejetées. Dans l'énoncé des barèmes il s'agit d'incapacités de gain dont les critères exacts d'évaluation nous échappent mais pour lesquels vraisemblablement les compensations controlatérales ont été prises en compte.

Nous obtenons par conséquent des chiffres différents mais leur rapprochement, les restrictions étant connues, nous amène à formuler les quelques remarques suivantes :

- si l'on admet qu'un taux d'IPP supérieur correspond à une articulation plus nécessaire, nous retrouvons une hiérarchie semblable à la nôtre : épaule, coude, poignet et prosupination ;

- dans notre expérimentation :

- . les blocages périphériques de la prosupination et du poignet sont plus facilement compensables que ceux de l'épaule et du coude par les degrés de liberté articulaire homolatéraux et par ce fait ils ne nécessitent pas obligatoirement l'aide controlatérale. Pour ces articulations, les taux d'invalidité du barème sont voisins de nos résultats, montrant que les compensations controlatérales jouent peu à ce niveau.

- . les blocages de l'épaule et du coude étant par contre difficilement compensables par les autres articulations homolatérales, la suppression des compensations par l'autre membre entraîne un handicap très important : la différence entre nos résultats et les taux d'IPP semble le confirmer. Le barème paraît conforter notre expérimentation et tous deux correspondraient assez bien à la réalité du handicapé, pour le membre supérieur tout au moins.

4/ - En conclusion

Il nous est apparu que la démarche de notre étude pourrait être, si on étendait l'expérimentation à toutes les parties du corps articulées, si l'on acceptait les compensations par le membre controlatéral et si on incluait dans la liste de gestes une série de gestes professionnels, une base d'évaluation d'un barème.

B - DOMAINE DE LA MEDECINE DU TRAVAIL

De par l'intérêt que nous portons à la médecine du travail et bien que nous ayons exclu de notre étude les gestes professionnels, nous avons voulu malgré tout, savoir si l'on pouvait dans la pratique, sur le lieu du travail, vérifier quelques-uns de nos résultats.

Nous avons tenté de nous faire une idée de la nécessité de reclassement pour

les travailleurs handicapés respectivement de l'épaule, du coude, de la prosupination et du poignet. Pour ce faire, nous avons rencontré les médecins du travail de deux usines de la région lyonnaise et consulté les dossiers des handicapés du membre supérieur présentant des blocages articulaires ou des amputations appareillées portant sur le membre dominant : 18 cas sur 2 000 ouvriers dans la première usine, 3 cas sur 600 ouvriers dans la seconde. Notre échantillon étant réduit, nous n'avons pu tirer de conclusions probantes sinon que les ouvriers, ~~presque tous manouvriers,~~ atteints à l'épaule ou au coude, avaient dû pour la plupart être reclassés et ce, plus fréquemment sur les autres.

Il ne s'agissait pas pour nous d'étudier les contraintes angulaires de certains postes de travail (études ergonomiques partiellement faites) (51) ni d'étudier l'adaptation du handicapé du membre supérieur à son poste de travail (15) (40). Il pourrait être important pour le handicapé que des études parallèles soient faites à la fois de ses possibilités gestuelles restantes en fonction de ses déficits articulaires et des impératifs angulaires des postes (toutes les compensations étant bien évidemment admises).

Il restera malgré tout, souvent difficile d'appliquer la rigueur scientifique à ces études, étant donné qu'interviennent des variables humaines tels que l'aptitude à se débrouiller, le désir réel de reprise du travail, le désir d'obtenir un taux d'invalidité maximal, par exemple.

Etant donné l'importance capitale d'une bonne réinsertion professionnelles, on comprend l'intérêt qu'il faut porter aux reclassements des handicapés.

C O N C L U S I O N S

Devant l'augmentation du nombre des malades ayant perdu l'usage partiel ou complet d'un ou des deux membres supérieurs le problème de leur appareillage est une question aiguë.

Lorsque l'on veut prothétiser un amputé on se trouve confronté avec l'essai de restitution de fonctions physiologiques dont la complexité est un obstacle réel à toute réalisation technologique. Actuellement, il s'agit en fait plus de rendre à ces handicapés un maximum d'indépendance qu'un "véritable" bras.

L'idée nous est venue de tester sur une série de vingt-sept gestes de la vie courante les sept degrés de liberté articulaire du membre supérieur (main exceptée) et ce, dans des conditions d'expérimentation bien définies. Ils ont été bloqués successivement puis en association sur le membre dominant. Les suppléances ont été admises sauf celle du membre controlatéral considéré comme simple membre d'appoint. Nous avons pu ainsi, en fonction des impossibilités gestuelles entraînées par ces blocages, établir une hiérarchie fonctionnelle des degrés de liberté articulaire du membre supérieur. Elle est la suivante par ordre décroissant : coude, épaule, (anté-rétropulsion, rotation interne-externe, adduction-abduction), poignet (flexion, adduction-abduction) et enfin prosupination.

On a ainsi tenté de montrer que, pour le handicapé de membre supérieur, notamment l'amputé et surtout l'amputé haut :

- la fiabilité d'une prothèse implique la restitution par l'appareil en priorité, des degrés de liberté articulaires de l'épaule et du coude,

- contrairement à l'usage établi les degrés de liberté articulaires périphériques nous semblent secondaires,

- l'appareil préhenseur n'est pas l'élément fondamental qui justifie le succès ou l'échec de la prothèse, cette place première est celle du support.

Par ailleurs, il nous a semblé que dans le domaine médico-légal la démarche de cette étude pourrait être, avec quelques compléments, une base d'évaluation d'un barème des incapacités liées aux séquelles des accidents du travail et des maladies professionnelles par exemple.

Dans le domaine de la médecine du travail, l'expérimentation globale reste à faire dans le milieu du travail sur les conséquences fonctionnelles des déficits articulaires du membre supérieur, la tolérance qu'ils permettent aux activités professionnelles et le reclassement qu'ils imposent du fait de leur niveau.

Le Président de la Thèse

L. ROCHE

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LYON, le 9 JANVIER 1978

Le Directeur de
l'U.E.R. LYON-NORD

Le Président de l'Université
CLAUDE BERNARD LYON I

Pr. Ag. J.P. NEIDHARDT

Professeur D. GERMAIN

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - ANDRE P. et LHOTE F.
 Sur la commande par la glotte d'une prothèse des membres supérieurs.
 VIIème journée d'étude sur la parole.
 Aix en Provence, 25, 27 mai 1977.

- 2 - ARCADIO F., MOULAY A., CHAUVINC P.
 Gestes de la vie quotidienne. Etude cinétique globale.
 Masson et Cie. Paris 1973.

- 3 - BADOZ J.M., MONIN-BARCILLE G., SASSARD J.P.
 Prothèse de bras. Travail de projet.
 E.N.S.C.M. Besançon 1976.

- 4 - BERARD E.
 Réinsertion familiale et professionnelle du handicap. Les aides techniques.
 Cahiers médicaux lyonnais. Tome 2 n° 8, 485-492, 1977.

- 5* - BILLEBEAUD J.F.
 Anatomie fonctionnelle de quelques gestes de la vie courante : boire.
 Thèse Université de Toulouse 1972.

- 6 - BIOMECA
 Les systèmes artificiels de préhension. 5° thème.
 Paris Montpellier 174-262, 1972.

- 7 - BOULONGNE D.
Pour la réalisation d'une orthèse myoélectrique de l'ensemble du membre supérieur : application aux tétraplégiques.
Thèse Université Paris-Val de Marne 1975.
- 8 - BOURRET J.
Rééducation en tant qu'apprentissage du déficit des suppléances.
Cahiers médicaux lyonnais. Tome 2, n°8, 482-484 1977.
- 9 - BRIZON J. et CASTAING J.
Arthrologie des membres.
Les feuillets d'anatomie. Maloine SA Paris Fasc. 3 1972.
- 10 - CARRET J.P.
Etude physiologique et biomécanique des articulations de l'épaule. Bilan actuel des prothèses totales de l'articulation scapulo-humérale (a humeri).
Thèse Lyon 1977.
- 11 - CLOT J., FELIPON J.
Etude d'un revêtement sensible fournissant une information électrique.
Image d'une pression et d'une forme.
Congrès de robotique. Toulouse 1974.
- 12 - COMTET J.J.
Anatomie physiologie et mécanique de l'épaule.
Cinèse 4 : 3-9, 1967.
- 13 - COTTE L. et GARON C.
Réparation des accidents du travail. Aspects médico-légaux.
Masson et Cie n° 11, Paris 1964.
- 14 - COUDOUY G.
Les amputations acquises et congénitales du membre supérieur. Leur réadaptation fonctionnelle. (A propos de 136 cas traités au CRF des Massues).
Thèse Lyon 1974.

- 15 - CRENSHAW A.N.
Traité de chirurgie orthopédique de la clinique de CAMPBELL.
Maloine S.A. Paris, 4ème édition, Tome 5, 1966 (p. 1359).
- 16 - DESMARREZ J.J.
Manuel de médecine légale à l'usage des juristes.
Presses universitaires de Bruxelles. 1967.
- 17 - DRIEUX J.J.
Commande programmée d'une prothèse de bras.
Travail de fin d'étude. Ecole Centrale Lyonnaise 1974.
- 18 - DUCHENNE DE BOULOGNE G.B.
Physiologie des mouvements démontrée à l'aide de l'expérimentation électrique et observation clinique.
Ballière 1867.
- 19* - FICAT P., ROUDIL, MANSAT C.
Epaules bloquées.
Annales Médecine physique 4° Congrès Tome 10 n° 4, Toulouse 1967.
- 20 - FISCHER L.P., GONON G.P., CARRET J.P., DIMNET J.
Biomécanique articulaire. Tome 1 Membre supérieur.
Anatomie UER Grange-Blanche, Lyon 1975.
- 21 - GONON G.P.
Anatomie et cinésiologie du membre supérieur.
Lyon 1975.
- 22 - HAMONET C.
A myoelectric controlled orthosis present day. Recent development.
Handchirurgie 7 (1) 63-66, Feb. 1975
- 23 - HAUT COMITE MEDICAL DE LA SECURITE SOCIALE
(Groupe de travail sur la révision du barème d'IP).
Projet pour un barème d'évaluation médicale des incapacités permanentes.
Paris 1974-1976.

24* - HOUDRE

Goniométrie et kinésithérapie.

Journal de kinésithérapie n° 136, janvier 1966.

25 - HUE

Les aides techniques en rhumatologie.

Les cahiers de la vie quotidienne. n° 10 41-46 1969.

26 - INMAN V.T., SAUNDERS J.B. dec M., ABBOTT L.C.

Observations on the function of the shoulder joint.

The journal of bone and joint surgery vol. 26 n° 1.

San Francisco january 1944.

27 - JENTSCHURA G., MARQUARDT E., RUDEL E.M.

Behandlung und versorgung bei Fehlbildungen und amputationen der oberen Extremität.

Georg Thieme Verlag Stuttgart 1963.

28 - JOURNEES DE ROBOTIQUE

21-22-23 /11/1977.

Projet SPARTACUS IRIA Rocquencourt.

29 - KAPANDJI I.A.

Physiologie articulaire. Fasc. 1 membre supérieur.

Maloine SA 3° ed. 1968.

30 - LAUDE M.

Anatomie fonctionnelle du coude.

Annales de kinésithérapie. Tome 1 n° 5, 131-145. 1974.

31*- LESCOEUR

Problèmes posés par les amputés du membre supérieur.

Les Cahiers de la vie quotidienne n° 10, 38-40, 1969.

32 - MANSAT M.

Anatomie fonctionnelle des gestes de la vie courante.

Revue de médecine de Toulouse. Tome 10, 1555, 1974.

- 33* - MANSAT M., DELPRAT J.
De la préhension.
Annales de médecine physique. Tome 18 n° 1, 1-29, 1975.
- 34* - MANSAT M., DELPRAT J.
L'ergothérapie dans la rééducation du membre supérieur
Annales de médecine physique. Tome 12 n° 3, 292-333, 1974.
- 35 - MAYET et REY MATHIEU M.
Barème accidents du travail et maladies professionnelles.
Ed. Révisée par Padovani. Lamarre Poinat Paris 1975.
- 36 - MAZOYER D.
L'amputé du membre supérieur et son appareillage.
Actualités Spartacus n° 8 Paris, juill. Août 1977.
- 37 - MAZOYER D., PAUVERT D.
Position de la main dans l'espace en fonction des articulations du membre supérieur. Implications prothétiques.
Communication à l'A.F.A. Paris 13 mars 1973 (non publié).
- 38 - MAZOYER D., SARTET J.
Importance relative des articulations du membre supérieur.
A.F.A. Paris 25-11 1972 (non publié).
- 39 - MERLE D'AUBIGNE R.
Pour l'adoption d'un système d'évaluation de la mobilité des articulations.
XVIIe réunion annuelle de la Société française d'orthopédie et de traumatologie. 233-235, Paris oct. 1952.
- 40 - MONTAUD B.
Contribution à la réintégration socio-professionnelle du handicapé physique.
Mise au point d'une fiche d'examen.
Thèse Toulouse 1974.
- 41 - NOJIMA M.
Our electrically powered protheses for upper extremity amputee at high level and its evaluation.
1rst International Rehabilitation congress. Proceeding 2.293-299 Egerman.
Druckereigesellschaft Wien. Austria 1973.

42 - PAQUIN J.M.

Introduction à une bibliographie sur les aides techniques.

A.F.A. Lyon, 14 et 15 mars 1975.

43 - PIERQUIN L.

Prothèses, orthèses et aides techniques.

Les cahiers de la vie quotidienne, n° 8, 7-12, Paris, janvier, février, mars 1969.

44 - RABISCHONG P.

Les problèmes fondamentaux du rétablissement de la préhension.

Annales de chirurgie 25 (19-20) 923-927, oct. 1971.

45 - ROCHE L., BRUNET J., VEDRINNE J., FERRY A.M.

L'expertise médicale dans le cadre de la Sécurité Sociale.

Masson et Cie éd. Paris 1967.

46 - ROCHE L., REYNAUD CH. A., LE GUEUT J., DALIGAND L.

L'appréciation du dommage corporel dans le cadre du droit commun.

Masson et Cie, éd. Paris 1973.

47 - ROUSSE J.M.

Position de fonction du coude.

Thèse Nancy 1975.

48 - ROUVIERE H.

Anatomie humaine.

Masson et Cie, éd. Tome 3, Paris 1962.

49 - RUAN P.J.G., Mc WILLIAM B.A.

Bulletin of prosthetics research.

p. 134-165, Spring 1970.

50 - RUSSE O.A., GERHARDT J.J.

International S.F.T.R. method of measuring and recording joint motion.

Hans Huber Publishers Bern, Stuttgart, Vienna 1975.

- 51 - SCHERRER J.
 Physiologie du travail (ergonomie)
 Travail physique énergétique. Tome 1. Masson et Cie, Paris 1967.
- 52* - SCHMUTZ M.
 Bilan fonctionnel chiffré de la main.
 Thèse Université de Lyon, 1974.
- 53 - SIMPSON D.C.
 E.P.P. (Extented physiological proprioception) control of a complete arm prosthesis. Report of 6 th. International course.
 Schweizerische arbeitgemeinschaft für prothesis und orthosen. Zurich 1971.
- 54 - SIMPSON D.C.
 Ein steuersystem für mehrfach bewegliche armprothesen in amputation und prothesen versorgung beim kind. Baumgartner R. Bucherei der Orthopäden Band 16.
 Enke F Verlag. p. 62-63, Stuttgart 1977.
- 55 - STEINDLER A.
 Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions.
 Thomas publischer Springfield (illinois) 1955.
- 56 - TAMAI T., YOMEMITSU H.
 The teeth sounds operated electric artificial arms (so called Kumatoto hand).
 1st International congress on prosthetics techniques and functional rehabilitation.
 Proceedings 2 Egerman Druckereigesellschaft. A. 1170, Wien. Austria.
- 57* - TEYSSANDIER M.J.
 Les mouvements articulaires et leurs mensurations.
 Journal de Kinésithérapie n° 174, p. 10, 1969.
- 58 - THORKILD J., ENGEN C.O., WILLIAM A., SPENCER M.D.
 Development of externally powered upper extremity orthotics Final report.
 Texas Institute for rehabilitation and research. Houston 1969.

59 - VANDERVAEL F.

Analyse des mouvements du corps humain.

Maloine S.A. 3ème ed. Paris 1961.

60 - VIEL E.

Utilisation de l'hydraulique pour la prothèse du membre supérieur.

Cahiers de l'A.F.A. 25/69.

A.F.A. C.E.R., 139, rue Bercy Paris 12ème.

N.B.: Les références notées * correspondent à des ouvrages consultés mais non cités dans le texte.
